



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA**

**“COBERTURA CELULAR EN LOS DISTRITOS DE  
CAMPORREDONDO Y OCALLI EN AMAZONAS Y  
AHORRO DE ANCHO DE BANDA SATELITAL”**

# **TESIS**

**PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**ELABORADO POR:**

**BACH. MORALES MÍO, LUIS  
BACH. PÉREZ NÚÑEZ, ESGAR MANUEL**

**ASESOR:**

**ING. FRANCISCO SEGURA ALTAMIRANO**

**LAMBAYEQUE – PERÚ  
2015**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA**

**“COBERTURA CELULAR EN LOS DISTRITOS DE  
CAMPORREDONDO Y OCALLI EN AMAZONAS Y AHORRO DE  
ANCHO DE BANDA SATELITAL”**

**TESIS**

**PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**PRESENTADA POR:**

---

**BACH. MORALES MÍO, LUIS  
AUTOR**

---

**BACH. PÉREZ NÚÑEZ, ESGAR MANUEL  
AUTOR**

**APROBADA:**

---

**ING. MANUEL JAVIER RAMIREZ CASTRO  
PRESIDENTE**

---

**ING. HUGO CHICLAYO PADILLA  
SECRETARIO**

---

**ING. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA  
VOCAL**

---

**ING. FRANCISCO SEGURA LTAMIRANO  
ASESOR**

## **DEDICATORIA**

**Dedicamos este proyecto de tesis a Dios y a nuestros padres.**

**A DIOS quien supo guiarnos por el buen camino, supo darnos fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se nos presentaban, enseñándonos a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.**

**A NUESTROS PADRES quienes a lo largo de nuestra vida han velado por el bienestar y educación siendo el mayor apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba sin dudar ni un solo momento en nuestra inteligencia y capacidades. Es por ello que somos lo que somos ahora. Los amos con mi vida...**

**BACH. MORALES MÍO, LUIS  
BACH. PÉREZ NÚÑEZ, ESGAR MANUEL**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios por habernos guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de nuestras familias; por siempre habernos dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estamos ahora.

**BACH. MORALES MÍO, LUIS**

**BACH. PÉREZ NÚÑEZ, ESGAR MANUEL**

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
INTRODUCCIÓN.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRATC.....	V
ABREVIATURAS.....	VI
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO.....	1
1.1 Aspectos Generales.....	
1.1.1 Título del Proyecto.....	
1.1.2 Definición del Proyecto.....	
1.1.3 Formulación de la Hipótesis.....	
1.1.4 Objetivos del Proyecto.....	
1.1.4.1 Objetivo General.....	
1.1.4.2 Objetivos Específicos.....	
1.1.5 Justificación e Importancia del Proyecto.....	2
CAPITULO II ANTECEDENTES.....	3
CAPITULO III: MARCO TEORICO .....	11
3. DESCRIPCIÓN DE LA COBERTURA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR EN LOS DISTRITOS DE OCALLI Y CAMPORREDONDO11	
3.1 Descripción de la localidad de Ocallí.....	11
3.2 Cobertura de telefonía móvil celular actual en Ocallí.....	12
3.3 Descripción de la localidad de Camporredondo.....	13
3.4 Cobertura de telefonía móvil celular actual en Camporredondo.....	15

<b>CAPÍTULO IV:</b>	<b>17</b>
<b>4.1 CALCULOS DE DISEÑO PARA DAR COBERTURA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR A LOS DISTRITOS DE OCALLI Y CAMPORREDONDO CON ESTACION BASE CELULAR G/EDGE RESPECTIVAMENTE</b>	<b>17</b>
<b>4.2 Simulación de cobertura de una estación Base Celular</b>	<b>18</b>
<b>4.2.1 Predicción de cobertura Site Ocallí</b>	<b>19</b>
<b>4.2.2 Predicción de cobertura Site Kunamia (Camporredondo).</b>	<b>20</b>
<b>4. 2.3 Simulación cobertura total de las dos estaciones</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Cálculo de carga esperada de tráfico</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO V</b>	<b>24</b>
<b>SELECCIÓN EQUIPAMIENTO</b>	
<b>5.1 Selección de Equipamiento de Estación Base Celular Ocallí y Camporredondo</b>	<b>24</b>
<b>5.1.1 Infraestructura</b>	<b>24</b>
<b>5.1.1.1 Torre</b>	<b>24</b>
<b>5.1.1.2 Sala para equipos</b>	<b>25</b>
<b>5.1.1.3 Terreno de Estación</b>	<b>27</b>
<b>5.1.1.4 Energía Eléctrica</b>	<b>27</b>
<b>5.1.1.5 Energía AC</b>	<b>27</b>
<b>5.1.1.6 Energía DC</b>	<b>27</b>
<b>5.1.1.6.1 Rectificador</b>	<b>27</b>
<b>5.1.1.6.2 Banco de Baterías</b>	<b>28</b>
<b>5.1.2.2 Sistema de Pararrayos</b>	<b>29</b>

5.1.2.2.1 Bajante de pararrayo.....	30
5.1.2.3 Sistema de Tierra .....	31
5.1.2.3.1 Barras de tierra de equipos en torre .....	31
5.1.2.3.2 Barra de tierras de acometida .....	31
5.1.2.3.3 Malla de tierras .....	32
5.1.2.4 Supresores de pico .....	34
5.1.3 Equipamiento.	
5.1.3.1 Estación Base Celular .....	35
5.1.3.2 Medio de transporte .....	37
5.1.3.3 Antenas, cables y accesorios .....	41
5.1.3.3.1 Antenas.....	41
5.1.3.3.2 Cables y conectores.....	41
<b>CAPITULO VI:.....</b>	<b>42</b>
<b>EVALUACION ECONOMICA</b>	
<b>6.1 Presupuesto de Estación Base Celular Ocallí .....</b>	<b>42</b>
6.1.1 Infraestructura.....	42
6.1.2 Energía Eléctrica.....	42
6.1.3 Equipamiento.....	43
6.1.4 Resumen Inversión.....	43
6.1.5 Gastos Operativos.....	43
<b>6.2 Presupuesto de Estación Base Celular Camporredondo.....</b>	<b>44</b>

6.2.1 Infraestructura.....	44
6.2.2 Energía Eléctrica.....	44
6.2.3 Equipamiento.....	44
6.2.4 Resumen Inversión.....	45
6.2.5 Gastos Operativos.....	45
6.3 Evaluación de Indicadores Financieros.....	45
6.3.1 Ingresos por estación Base Celular Ocallí .....	46
6.3.2 Cálculo de VAN .....	47
6.3.2.1 Cálculo de VAN para Estación Base Celular Ocallí.....	47
6.3.3 Ingresos por estación Camporredondo.....	49
6.3.4 Cálculo de VAN.....	50
6.3.4.1Cálculo de VAN para Estación Base Celular Camporredondo.....	50
6.3.5 Escenarios asumidos para el retorno de la inversión, teniendo criterio en aumento de inversión y gastos operativos del 10% y 20%; uniendo ambos proyectos en un integrado es decir en un solo proyecto.....	52
6.3.5.1 Escenario 1°: Proyecto integrado con 0% en aumento de inversión y 0% en gastos operativos. ....	52
6.3.5.2 Escenario 2°: Proyecto integrado con un aumento del 10% de inversión y 0% en gastos operativos. ....	53
6.3.5.3 Escenario 3°: Proyecto integrado con un aumento del 20% de inversión y 0% en gastos operativos. .....	55



6.3.5.4 Escenario 4°: Proyecto integrado con un aumento del 0% de inversión y 10% en gastos operativos. ....	56
6.3.5.5 Escenario 5°: Proyecto integrado con un aumento del 0% de inversión y 20% en gastos operativos.....	58
6.3.5.6 Escenario 6°: Proyecto integrado con un aumento del 10% de inversión y 10% en gastos operativos.....	59
6.3.5.7 Escenario 7°: Proyecto integrado con un aumento del 20% de inversión y 20% en gastos operativos .....	60
 CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
7.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
 CAPITULO VIII.....	64
8.1 BIBLIOGRAFÍA.....	64

## INTRODUCCIÓN

La telefonía móvil desde sus inicios en el Perú en 1990 ha tenido un alto crecimiento pero a pesar de eso tiene una tasa de penetración de 27 abonados por cada 100 personas, la cual es baja comparada con otros países de Latinoamérica. La mayor cantidad de abonados que no cuentan con un teléfono celular se encuentran en zonas sub urbanas o rurales, donde una estación base celular puede no resultar rentable a corto o mediano plazo (inversión muy alta para la cantidad de usuarios), por lo que elegir el equipamiento adecuado es importante para que las compañías operadores puedan lograr un rápido retorno de capital y aumentar así su base de clientes.

Los fabricantes de equipamiento celular han desarrollado equipamiento alternativo al convencional; macro celdas (con cobertura de 2-20 km adaptada a áreas rurales), micro celdas (500 m-2 km para zonas urbanas), pico celdas (para calles o edificios) y las femtoceldas (las femtocell son pequeñas estaciones base diseñadas para ampliar la cobertura en interiores, viviendas, edificios o en algunas empresas generalmente utilizando las líneas de acceso de banda ancha de los usuarios), repetidores celulares, estaciones bases satelitales, etc.; para poder atender a este tipo de población. Depende de las compañías operadoras evaluar donde utilizar este tipo de equipamiento para conseguir los mayores beneficios para sus respectivas empresas.

El trabajo a desarrollar tiene como objetivo dar cobertura a los distritos de Camporredondo y Ocallí en la Provincia de Luya departamento de Amazona utilizando Estaciones Base Celular (macrocelda: cobertura de 2-20km.) en la banda de 850MHz con tecnología GSM; para lo cual se realizará estudios de cobertura radioeléctrica y parte económica de acuerdo a un estimado de abonados al cabo de 24° meses.

## RESUMEN

En este trabajo se analiza cual es el emplazamiento y equipamiento más apropiado para dar cobertura de telefonía móvil celular a los distritos de Ocallí y Camporredondo provincia de Luya departamento de Amazonas; con estaciones Base Celular (macrocela de cobertura de 2-20km) tomando como objetos de análisis la cobertura celular radioeléctrica, la capacidad de tráfico esperada y análisis económico.

El análisis de cobertura radioeléctrica se realiza para la banda de frecuencia de 850MHz y tecnología GSM/EDGE que es la más apropiada para este tipo de geografía ya que la banda a utilizar es la que se adhiere a nuestra área de estudio y así poder dar la mejor cobertura. Además con nuestro estudio se mejora el servicio brindado por una empresa operadora en la localidad de Ocallí y se evita pagar alquiler de ancho de banda satelital ya que aplicaremos la tecnología de radioenlace que es más eficiente y barata que la satelital. La capacidad de tráfico se estima de acuerdo a la cantidad de clientes que se espera obtener en 24° meses. El análisis económico se basa en retorno de capital en 24° meses tiempo estimado para nuestro estudio; según el presupuesto de la estación para cada equipamiento. Además tomamos en cuenta la variación de aumento de inversión y gastos operativos en un 10% y 20% obteniendo un **VAN** positivo (Retorno de inversión); a partir del mes 16° para los casos independientes (estación Ocallí en un estudio y estación Camporredondo en otro); y para los casos integrado (ambos estudios en uno solo); desde el mes 18°, demostrando que el proyecto es atractivo para los inversionistas que brindan este tipo de servicio, y así poder lograr su ejecución.

El estudio realizado es conclusiva ya que nos limitamos dar servicio utilizando la tecnología Gsm/ Edge que ofrece un servicio eficiente para la comunicación vía voz que es lo más esencial por la actividad netamente comercial que se practica en ambos distritos; también ofrece comunicación vía data a velocidades en la transmisión de datos medios de 80-130 Kbps y tan rápidas como 473 kbps. Que satisface la demanda del uso de internet móvil para los centros educativos, postas médicas y municipios de estas localidades.

Se concluye que uno de los ítems económicos mayores para proyectos de expansión es la infraestructura necesaria para colocar la estación base; entonces para localidades pequeñas se recomienda empezar por instalar infraestructura y equipamiento de bajo costo y de buen rendimiento.

## ABSTRACT

This paper analyzes what is the most appropriate location and facilities to cover cellular mobile telephony Ocalli districts and Camporredondo Luya province of Amazonas department; Cellular Base stations (macrocell coverage 2-20km) taking as analysis objects the radio cell coverage, capacity expected traffic and economic analysis.

Radio coverage analysis is performed for the frequency band of 850MHz and GSM / EDGE that is most appropriate for this type of technology geography as the band to use is adhering to our study area so we can give better coverage. In addition to our study the service provided by an operating company in the town of Ocalli is improved and avoid paying rent of satellite bandwidth and radio relay technology that is more efficient and cheaper than the satellite will apply. The traffic capacity is estimated according to the number of customers expected to be obtained at 24 ° months. The economic analysis is based on return on capital in 24th months time estimated for this study; according to the budget for each station equipment. We also take into account the variation of increase in capital and operating expenses by 10% and 20% obtaining a positive ROI (Return on Investment); from mes16 ° for independent cases (Ocalli station in a studio and Camporredondo station in another); and for integrated cases (two studies into one); from month 18 °, demonstrating that the project is attractive for investors that provide this type of service, and thus ensure their implementation.

The study is conclusive and we stuck to service using the GSM / EDGE technology that offers an efficient service for communication via voice is most essential for purely commercial activity practiced in both districts; also provides communication via data transmission speeds of 80-130 Kbps data means and as fast as 473 kbps. That meets the demand of using mobile internet for schools, medical centers and municipalities in these localities.

It is concluded that one of the biggest economic items for expansion projects is necessary to place the base station infrastructure; then for small towns we recommend you start by installing infrastructure and equipment of low cost and good performance.

## ABERVIATURAS

**AC:** Corriente Alterna

**ACPDB:** Tablero de distribución eléctrica de energía AC.

**AMPS:** Sistema Telefónico Móvil Avanzado

**BER:** Tasa de error de bit

**BT3:** Baja tensión 3

**GSM:** sistema Global Movil.

**EDGE** es el acrónimo para *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM)

**UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System o servicio universal de telecomunicaciones móviles).

**DC:** Corriente directa

**DR:** Rack Digital

**FER:** Tasa de error de trama

**GPS:** Sistema de posicionamiento global

**IDU:** Unidad digital de interiores

**MT3:** Media Tensión 3

**ODU:** Unidad digital de exteriores

**PEA:** Población económicamente activa

**PIRE:** Potencia irradiada real efectiva

**RF:** Radio Frecuencia

**RR:** Radio Rack

**RSSI:** Nivel de Intensidad de señal recibida

**TMAR:** Tasa mínima atractiva de retorno

**VAN:** Valor actual neto

**Erlang** es una unidad adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico. Recibe el nombre del ingeniero danés A. K.

**Erlang**, pionero de la teoría de colas.

# **CAPITULO I**

## **PLAN DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Aspectos generales del proyecto.**

#### **1.1.1 Título del proyecto.**

**COBERTURA CELULAR EN LOS DISTRITOS DE CAMPORREDONDO Y OCALLI EN AMAZONAS Y AHORRO DE ANCHO DE BANDA SATELITAL.**

#### **1.1.2 Definición del problema.**

¿Cómo dar cobertura celular en los distritos de Camporredondo, Ocallí en Amazonas y ahorro económicamente en el alquiler de ancho de banda satelital; además demostrar la rentabilidad a la inversión privada?

#### **1.1.3 Formulación de la Hipótesis.**

Se dará cobertura celular con la implementación de una red diseñada de manera óptima y eficiente, de tal manera que brinde cobertura a las zonas pobladas de los distritos de Camporredondo y Ocallí; utilizando las menos estaciones posibles; además utilizaremos la tecnología de radio enlace para así evitar pagar el alquiler de ancho de banda satelital. La rentabilidad queda demostrada evaluando los indicadores financieros a través del VAN (Valor Actual Neto).

#### **1.1.4 Objetivos del Proyecto.**

##### **1.1.4.1 Objetivo General.**

Diseñar una red celular tomando en cuenta los datos recolectados en el levantamiento de información que se realice en los distritos en estudio.

##### **1.1.4.2 Objetivos específicos.**

Al realizar el levantamiento de información respectivo en los distritos de Camporredondo y Ocallí, dichos datos serán evaluados y descartados según criterios de diseño:

\*) Energía cercana a estación, en lo posible.

- \*) Línea de vista entre estaciones.
- \*) Línea de vista hacia la población a brindar cobertura.
- \*) Acceso relativamente fácil (no mayor de 3 horas de caminata, por tema de operación y mantenimiento).

El diseño final se debe ajustar a la geografía de la zona, los sectores geográficos con mayor demanda, etc; dando como resultado un sistema celular eficiente y óptimo ajustado a estos distritos.

### **1.1.5 Justificación e Importancia del Proyecto.**

Inicialmente LA FALTA DE COBERTURA CELULAR EN LA ZONA DE CAMPORREDONDO Y OCALLÍ, donde su actividad económica principal es el café y el cacao, nos motivó a empezar el diseño de una red celular optimizada que con las menos estaciones posibles se pudiera brindar un óptimo servicio celular.

Siendo la cobertura celular de gran importancia para el desarrollo económico y social de los distritos en mención, la operadora MOVISTAR S.A.C. en convenio con FTEL – MTC (Fondo de Inversión en Telecomunicaciones) instalaron una estación Femtoceldas con medio de transmisión satelital (Transmisión de datos virtualmente imposibles, por el reducido ancho de banda), las cuales solo se podían usar para sms (Short Messages Services) dejando una gran insatisfacción en los pobladores.

Nuestro proyecto está orientado a dar una óptima solución a este problema y satisfacer a toda la población de los distritos de Camporredondo y Ocallí. Ahorrando ancho de banda satelital, al demostrar la factibilidad de uso de radioenlaces y usar medio de transmisión terrestre.



## **CAPÍTULO II**

### **ANTECEDES**

#### **ANTECEDENTE NACIONAL 01**

**TÍTULO:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED RF INDOOR EN EL HOSPITAL DE EMERGENCIAS PEDIÁTRICAS PARA MEJORA DE COBERTURA

**AUTOR:** Aldo Duarte Vera Tudela

**LUGAR:** Lima - PERU

**AÑO:** 2013

#### **OBJETIVO:**

##### **General:**

- Mejorar cobertura celular de tecnología 2G y 3G.

##### **Específico:**

- Diseño e implementación de una red RF Indoor al interior del Hospital de Emergencias Pediátricas.

#### **CONCLUSIONES:**

- Se midió la cobertura al interior del Hospital de Emergencias Pediátricas y se realizó el post procesamiento de estos datos, tanto para 2G y 3G, los cuales dejaron en evidencia los niveles bajos de potencia (por debajo a -75 dBm.) existentes. Se concluyó, basándose en el estudio realizado en el capítulo 2, que la mejor alternativa de solución es el despliegue de una red RF Indoor dadas las dimensiones del hospital y demanda de tráfico del mismo.
- Se realizó el diseño de la solución, tanto para 2G y 3G, tomando en cuenta las visitas técnicas hechas al hospital y teniendo como objetivo garantizar niveles óptimos de cobertura dando prioridad a las zonas comunes y pasillos

del hospital. Este diseño se comprobó en la implementación de la red al interior del hospital. Tras ésta, se realizaron mediciones comprobándose que los objetivos propuestos, como el alcanzar una potencia de recepción mayor a - 75dBm. en un 95% del área a cubrir, se cumplieron a cabalidad.

- Se realizó el estudio económico de la solución tomando en cuenta los índices de tráfico promedio, las tarifas actuales del mercado y la concurrencia diaria de personas en el hospital. Tras el estudio se concluyó que la solución es económicamente viable y que recupera totalmente la inversión realizada al segundo año de operación con una tasa interna de retorno de 17% significando un negocio llamativo para las áreas financieras y comerciales. 75
- Se concluye finalmente, tras el estudio tecnológico y económico realizado en la presente tesis, que la implementación de una red RF Indoor es una solución viable en el despliegue de optimizaciones de cobertura celular indoor debido a la alta rentabilidad que proporciona que se discutió en el capítulo 3 y los altos índices de potencia de recepción y baja tasa de interferencia que presenta, lo cual es desarrollado ampliamente en el capítulo 4.

## **RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda en cuestión de diseños de redes similares considerar colocar antenas paneles en lugar de antenas omnidireccionales en los extremos de la edificación debido a su naturaleza directiva que permite que la potencia irradiada apunte al interior del lugar a dar cobertura y no escape a las afueras lo cual podría generar problemas de interferencia con la cobertura outdoor.
- Al momento de terminar los diseños y generar los link budgets, es recomendable considerar un margen de 2dB de pérdida adicional a todo el sistema debido a cuestiones propias de instalación como obstáculos en el recorrido del cableado, lugares en los que no se pueda pasar cable fácilmente lo cual genere más tramos de cable ó pérdidas adicionales en los conectores.
- En este proyecto se usó en su mayoría cable coaxial de ½ pulgada rígido, pero en edificaciones de mayores dimensiones también se puede usar cable

coaxial 73 de 7/8 pulgadas, estos cables generan problemas al querer maniobrarlos por su gran rigidez pero presentan menor pérdida de potencia.

- Al realizar las mediciones de cobertura se recomienda que la medición se inicie en un lugar que se sepa que hay buena cobertura para evitar problemas con el Nemo Handy y realizarlos en momentos de poca congestión para poder conseguir valores reales del desempeño de la red implementada, en especial en lo referente a la transferencia de datos que cuando existe congestión los niveles de throughput decrecen considerablemente.
- En este trabajo se utilizaron herramientas de medición de la marca Anite, sin embargo es posible utilizar herramientas de medición y post procesamiento alternativo. Se recomienda el uso de la herramienta MapInfo para el análisis de muestras de las pruebas realizadas debido a su versatilidad de crear entornos que se adecúan al tipo de análisis que se quiera realizar.
- En la red desplegada se consideró usar un solo sector definido por una única RRU para todo el edificio, sin embargo, en edificaciones más grandes será preciso utilizar mayor cantidades de sectores. En estos casos se deberá tener especial cuidado con las áreas donde existan cambios de sector puesto que es en estas áreas donde es probable tener problemas de interferencia entre los sectores y, por ende, valores de  $E_c/N_0$  y  $C/I$  no favorables. En lugares que tienen muchos pisos se recomienda no tener dos sectores en un mismo piso sino que las antenas que irradian en un mismo piso pertenezcan al mismo sector.

## **ANTECEDENTES NACIONAL 02:**

**TITULO:** OPTIMIZACIÓN DE LA ZONA CENTRO-NORTE DE LA RED  
GSM DE UN OPERADOR MÓVIL EN LIMA A NIVEL DE RADIO

**AUTOR:** Adriana Merino-Reyna Capriles

**LUGAR:** LIMA - PERU

**AÑO:** 2008

## **OBJETIVO:**

### **General:**

- Diseño del trabajo de optimización de una red GSM.

### **Específico:**

- Diseño del trabajo de optimización de la red GSM conformado por las estaciones: BTS OLIVOS - sector 2, BTS MENDIOLA – sector 2, BTS NARANJAL – sector 3; dando como resultado del análisis la implementación de: Nueva BTS TAHUANTINSUYO.

## **CONCLUSION:**

- Se concluye que el proceso de optimización de una red celular tiene que ser constante por el simple hecho de que se trata de una red viva con constante cambios y comportamientos de tráficos, demandas de cobertura, nuevos emplazamientos que involucran cambios en la topología actual, etc. En este proceso de optimización se necesita que el Ingeniero a cargo tenga altos conocimientos en radio frecuencia así como un perfecto dominio del estándar en que se basa la tecnología inalámbrica usada, que para nuestro caso, es GSM. Esto último es importantísimo en este proceso ya que la gran parte de cambios realizados en la red para su mejora son en los distintos parámetros propios de la tecnología.
- Como principal fuente de información para el análisis del desempeño de la red se tienen los KPI's. Estos KPI's son coleccionados por dicha red e involucran distintas mediciones, porcentajes o simplemente contadores de todos los elementos y recursos usados los cuales deberán ser entendidos a plenitud para proponer y tomar decisiones de cambios que, de acuerdo a su jerarquía, afecten determinadas coberturas.
- La realización de recorridos (DRIVE TEST) en la ciudad a optimizar con equipos de medición propios de la tecnología son parte también del proceso de optimización. Estos "drive test", en primer lugar nos ayudarán a verificar

la cobertura de cada estación base, que en un principio, se basó en una predicción. Es importante mencionar el uso de un SCANNER, además de los móviles, por su exactitud y sensibilidad, así como su independencia para la medición de las señales de distintas celdas (no se basa en la vecindad o topología definida en la red para las mediciones). Estas mediciones son usadas, para corregir el modelo de predicción usado para la planificación de celdas y coberturas dando como resultado un modelo más exacto. Por otro lado, estos recorridos o drive test pueden ser específicos en determinadas zonas en las que se sospecha de algún comportamiento extraño de acuerdo a las estadísticas o KPI's analizadas. Para este análisis, es importante tener la mayor cantidad de parámetros de red que el software sea capaz de recuperar del móvil para luego procesarlo. En este punto, nuevamente se hace hincapié en la capacidad de análisis del ingeniero. Recorridos mucho más específicos con equipos también pueden ser realizados en interiores de construcciones (WALK TEST)

## **RECOMENDACIONES:**

- El procedimiento de planificación de tráfico de acuerdo al modelo utilizado, debe ser tal que responda a cada tipo de zonificación, el cual deberá, como una de sus fuentes de entrada, provenir de un minucioso estudio de mercado para realizar un adecuado dimensionamiento. Ya con la red en servicio, constantemente es necesaria una retroalimentación de la demanda por parte de las áreas de la empresa encargadas de gestionar cualquier tipo de evento que pueda modificar los cálculos iniciales realizados. Esto es de suma importancia para tener cada uno de los recursos de la red con un porcentaje de carga que responda a los diseñados por los fabricantes.
- Teniendo el modelo de tráfico distribuido por zonas y la demanda en las mismas, se deben hacer simulaciones y predicciones de señal con softwares diseñados exclusivamente para esta tarea, todo con el fin de encontrar las mejores ubicaciones para las futuras estaciones base, las cuales brindarán finalmente la cobertura que se ofrecerá a los usuarios. El llamado "link budget" es en este punto de vital importancia ya que se debe asegurar calidad tanto en OUTDOOR como en INDOOR. En ciertos entornos,

dependiendo de cuan densa sea la zonificación, el uso de dispositivos amplificadores de señal debe ser considerado. El equipamiento en sí de TRX's y su configuración responderán a la demanda explicada en el punto anterior.

- El manejo del espectro asignado por medio de la planificación de frecuencias tiene que ser realizado de tal manera que responda, como en el punto anterior, a cada uno de los escenarios posibles en donde la empresa asegure cobertura. Esta tarea debe ser realizada con mucho cuidado ya que los principales indicadores del desempeño y calidad de la red son referidos a la interfaz de aire en donde la interferencia influye directamente. Actualmente, existen diversas herramientas de software que permiten hacer múltiples iteraciones con distinto datos de entrada (como por ejemplo las mediciones o reportes de todos los móviles de un determinado sector), que nos permitirán escoger la mejor matriz de interferencia para la carga de radio frecuencia que nuestra red cursa en las horas de mayor tráfico. Con esto se escogerá, por ejemplo, la cantidad mínima
- de BCCH's que se necesitan para asegurar una aceptable calidad en la red, así como las distintas combinaciones de canales HOPPING y reusos de los mismos. Ahora mismo, en la banda A (850MHz), se tiene una lista de hopping 100 de 30 canales con 16 BCCH's. Este manejo del plan de frecuencias está dentro exclusivamente del área de optimización de RF.

## **ANTECEDENTES INTERNACIONAL 01:**

**TITULO:** ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LAS REDES CELULARES GSM-GPRS

**AUTOR:** PATRICIA MARÍA SÁNCHEZ GÓMEZ

**LUGAR:** MEXICO

**AÑO:** 2005

### **OBJETIVO:**

#### **General:**

- Desarrollar un modelo analítico a través del cual podamos determinar el comportamiento, en términos del throughput y delay, del canal GPRS. Para esto se toma en cuenta que los usuarios deben iniciar una sesión antes de contender por los recursos para la transmisión de sus datos y se utiliza como parámetro el número de slots de contención a utilizar en el sistema

#### **Específico:**

- Basándose en el proceso de encapsulamiento y los esquemas de codificación de la red obtener el porcentaje de eficiencia volumétrica en cada una de las capas del stack de protocolos.

### **JUSTIFICACION:**

- De acuerdo a la información conocida sobre el sistema GPRS basaremos nuestro estudio sobre un documento previo desarrollado por Vikrant A. Chitre [39] sobre el desempeño de GPRS. En esta tesis se pretende reproducir su estudio y encontrar resultados similares. En el cual, se muestra que a mayor cantidad de usuarios y slots de contención utilizados, el throughput de la red aumenta, sin embargo el delay también aumenta sobre todo cuando el tamaño del mensaje a transmitir es de mayor longitud. También se busca calcular la eficiencia del protocolo, de tal forma que mostremos como la codificación influye en la transmisión de los datos, así

como que el impacto disminuye entre mayor es la longitud del mensaje a transmitir.

## **CONCLUSION:**

- Se desarrolla un tema de tesis que nos permita obtener un enfoque distinto de las redes de telefonía celular. Se pretende dar un paso más al simple desarrollo de información, estableciendo un modelo matemático para el análisis de un sistema celular de tal forma que se comprenda como es desarrollado una estándar de tecnología celular y sus especificaciones y no solo se vea desde un punto de vista informativo. Además se pretende que este desarrollo sirva como modelo para futuros análisis de sistemas celulares e inclusive del mismo sistema GPRS pero introduciendo algunas aplicaciones de datos



## **CAPITULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3. DESCRIPCION DE LA COBERTURA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR EN LOS DISTRITOS DE OCALLI Y CAMPORREDONDO.**

##### **3.1 Descripción de la Localidad de Ocallí.**

Está Ubicado en la provincia de Luya cuenta con aproximadamente 3,622 habitantes; de los cuales son 1,667 son mujeres y 1,955 son hombres. Por lo tanto el 53,98 por ciento de la población son hombres y el 46,02 mujeres. Cuenta con 07 anexos, Quispe, Vista Alegre, Santa Rosa, Celcho Cusco, Tactamal, Delo, Cocapampa y la capital que es la localidad de Ocallí.

Su principal actividad es la agricultura dedicándose al cultivo de café en su mayoría ya que este genera grandes ingresos a los pobladores además se cultiva cacao, café, frutales, etc.

Ocallí es un distrito urbano y rural; casi el 45% de la Población tiene al menos una Necesidad Básica Insatisfecha, y el 11.5% de los niños en edad escolar no asisten a la escuela. Hoy en día, la principal limitación del distrito es emigración constante de la población especialmente los jóvenes que salen en busca de trabajo, estudio y mejores niveles de vida. Así mismo la ciudad de Ocallí es un centro de inmigración de población de la periferia y los demás distritos de la provincia. La Municipalidad tiene un reto muy grande de promocionar la imagen del Distrito.

**CUADRO 2.1: CENTROS EDUCATIVOS SEGÚN NIVEL EN EL DISTRITO DE Ocallí**

<b>NIVEL Y MODALIDAD</b>	<b>CENTROS EDUCATIVOS</b>
	<b>2010</b>
<b>PRONOEI</b>	3
<b>INICIAL</b>	4
<b>Primaria</b>	8
<b>Secundaria</b>	3
<b>Total</b>	<b>18</b>

**Fuente:** Municipalidad distrital Ocallí.

En los cuadros se muestra el número de centros educativos en un total de 40 que se beneficiaran con el servicio de Internet inalámbrico que brindara la BTS de nuestro proyecto de investigación.

Además se beneficiara la municipalidad del distrito como sus centros de salud.

### **3.2 Cobertura de telefonía móvil celular actual en Ocallí.**

En la actualidad en el distrito de Ocallí la empresa Movistar SAC. A implementado una estación celular (Femtocelda: cobertura un área de 500m-2km; con torres de 5-15m de altura.) la cual no satisface el problema de comunicación por la excesiva demanda que se presenta y el sistema tiende a saturarse otro inconveniente de esta estación es que su enlace es satelital y el servicio es solo para la capital del distrito.

En nuestro estudio realizado, también presentamos los cuadros del Osiptel podemos observar que nuestro distrito en estudio no cuentan con cobertura celular en su totalidad.

**Figura 1: Cobertura del Distrito de Ocalli Provincia de Luya - Amazonas**

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	CLARO	MOVISTAR	NEXTEL
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	OCALLI	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	LAS PALMERAS DE QUISPES	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	VISTA ALEGRE	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	SANTA ROSA	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	QUISPE	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	LA RAMADA	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	OJO DEL AGUA	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	TACTAMAL	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	COCAPAMPA	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	BRONCE	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	DELO	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	RUMICHACA	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	OPACHIN	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	CELCHO CUZCO	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	LIMA DULCE	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	LA JALCA	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	MARISCAL CASTILLA	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	ARROYO NEGRO	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	YUNGA	NO	NO	NO
AMAZONAS	LUYA	OCALLI	TEJALLPA	NO	NO	NO

Empresa	Nº Localidades	% Cobertura	Nº BTS
CLARO	0	0.0%	0
MOVISTAR	0	0.0%	0
NEXTEL	0	0.0%	0

**Fuente:** Opsitel-Perú.

### 3.3 Descripción de la localidad de Camporredondo.

El distrito de Camporredondo es uno de los veintitrés distritos de la Provincia de Luya, ubicada en el Departamento de Amazonas, en el nororiente del Perú. Limita al norte con la provincia de Utcubamba, al este con el distrito de Conila y el distrito de Ocallí, al oeste con el departamento de Cajamarca y al sur con el distrito de Providencia. El distrito fue creado el 3 de noviembre de 1933 mediante Ley N° 7877. Su capital es el pueblo de Camporredondo.

El pueblo de Camporredondo se encuentra influenciado por una parte de la cordillera central de los Andes; se ubica en la parte baja del cerro Condorpuñuna.

Originalmente llamado Cocochillo; en 1934, el año en que pasó a ser Capital de distrito, cambió su nombre por el de Camporredondo. Camporredondo está ubicado en una zona calurosa, a una distancia aproximada de 6 Km. del Río Marañón. Camporredondo ofrece varios lugares atractivos para turistas como ruinas de la cultura Chachapoyas. También destaca la gran variedad de frutas que crecen en la zona.

La fiesta patronal de la capital Camporredondo se celebra del 28 al 30 de junio, en honor al Santo Patrón: el Apóstol San Pedro. Asimismo, celebran la festividad de La Santísima Cruz de Pucho. Como comidas típicas se conoce el Locrito de Plátano, el Shurumbo o Yuca Chic Chic, el Tacacho con Chanco, el Mechado entre otros. Entre las bebidas más destacadas tenemos a La Mistela (preparado con Aguardiente, Chancaca, Canela y Clavo de Olor), la Cocopa de Plátano, la chicha, el Guarapo (jugo de caña de azúcar fermentado) y el Rompope.

Sus coordenadas geográficas son: 6°7'1"S 78°21'0"O. Tiene una superficie total de: 376,01 km<sup>2</sup>. Tiene una población total de: 6076 hab. De los 6.076 habitantes de Camporredondo, 2,907 son mujeres y 3,169 son hombres. Por lo tanto, el 52,16 por ciento de la población son hombres y las 47,84 mujeres. Si comparamos los datos de Camporredondo con los del departamento de Amazonas concluimos que ocupa el puesto 17 de los 83 distritos que hay en el departamento y representa un 1,6160 % de la población total de ésta. A nivel nacional, Camporredondo ocupa el puesto 730 de los 1,833 distritos que hay en Perú y representa un 0,0222 % de la población total del país. En dicho sector la actividad fundamental es la agricultura dedicándose en su mayoría al cultivo de café el cual genere grandes ingresos económicos a los pobladores la producción de café es acopiada en el mercado de Lonya Grande.

El comercio se basa fundamentalmente en la comercialización del café y lo demás mueve a los establecimientos comerciales en regular escala.

**CUADRO 1.2: CENTROS EDUCATIVOS SEGÚN NIVEL EN EL DISTRITO DE CAMPORREDONDO.**

NIVEL Y MODALIDAD	CENTROS EDUCATIVOS
	2010
<b>PRONOEI</b>	5
<b>INICIAL</b>	5
<b>Primaria</b>	9
<b>Secundaria</b>	3
<b>Total</b>	<b>22</b>

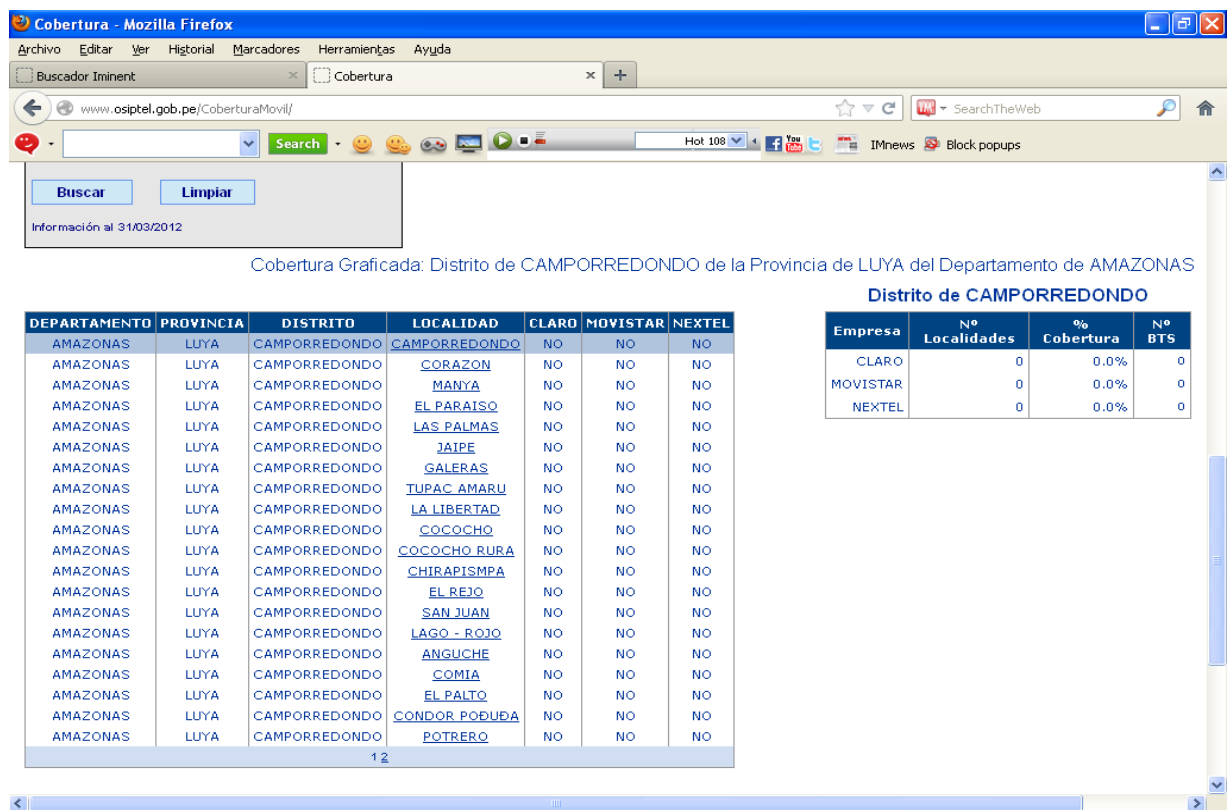
**Fuente:** Municipalidad distrital Camporredondo.

### **3.4 Cobertura de telefonía móvil celular actual en Camporredondo**

En la actualidad este distrito ya no cuentan con teléfono fijo satelital por constantes robos, pero se cuenta con cobertura celular deficiente (al parecer de rebote) lo cual ha permitido mejorar en gran porcentaje el problema de comunicación. La empresa operadora que brinda el servicio de telefonía móvil presenta un inconveniente en su red ya que en esta se presenta saturación en la línea y caída de llamadas, por lo que más efectivo resulta los mensajes de texto que llamar.

En nuestro estudio realizado, también presentamos los cuadros del Osiptel podemos observar que nuestro distrito en estudio no cuentan con cobertura celular.

**Figura 2: Cobertura de Distrito de Camporredondo Provincia de Luya – Amazonas.**



Fuente: Opsitel – Perú

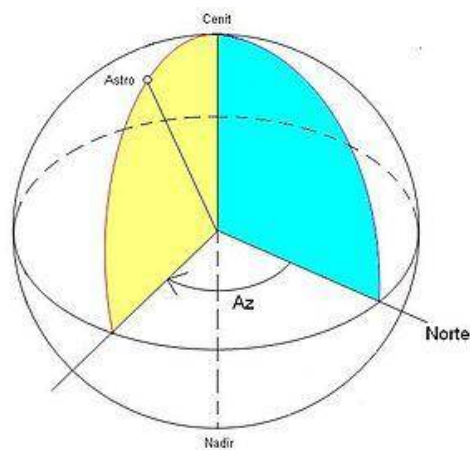
## CAPÍTULO IV

### 4.1 DISEÑO PARA DAR COBERTURA DE TELEFONIA MOVIL CELULAR A LOS DISTRITOS DE OCALLI Y CAMPORREDONDO CON ESTACIONES BASE CELULAR GSM. RESPECTIVAMENTE.

Para evaluar la cobertura de una estación no solo basta los cálculos de propagación (en nuestro estudio, realizamos simulación de dicha cobertura mediante el programa Radio Mobile); sino 02 parámetros importantes que son: TILT (ángulo de elevación de la antena sectorial, definido por criterios de optimización de cobertura) y AZIMUTH (ángulo horizontal que apunta hacia la zona a dar cobertura, definido por criterios de optimización de cobertura).

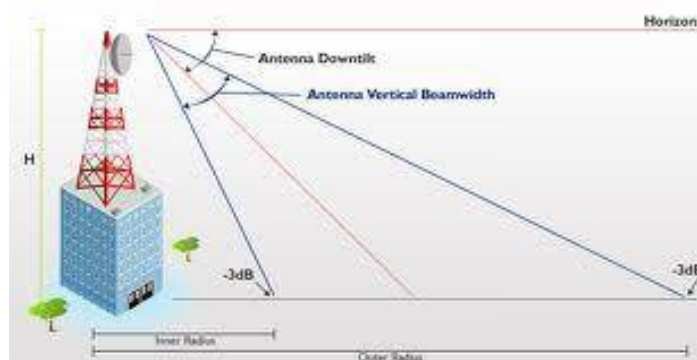
**\*) AZIMUTH (Az).**- El azimut es el ángulo formado entre la dirección de referencia (norte) y una línea entre el observador y un punto de interés previsto en el mismo plano que la dirección de referencia.

**Figura 3: Azimuth.**



**\*) TILT.**- Esta variable se obtiene a base de un cálculo, y mayormente se usa el downtilt ya que se busca siempre un punto alto para coberturar y obtener línea de vista libre.

- **Figura 4:** DOWNTILT Ángulo de antena sectorial apuntando hacia abajo.



#### CALCULO DE TILT:

$$\text{TILT [RAD]} = \theta = \frac{H_A + H_2 - H_1}{\sqrt{[D^2 - (H_2 - H_1)^2]}}$$

PARA TODO:

$H_A$  = ALTURA DE ANTENAS (mts)

$H_2$  = COTA DEL PUNTO ELEGIDO "A" (m.s.n.m)

$H_1$  = COTA DEL PUNTO A CUBRIR (CENTRO) "B" (m.s.n.m)

$D$  = DISTANCIA ENTRE A Y B (mts)

$\pi = 3.14159265359.....$

$$\text{TILT (GRADOS)} = \alpha^\circ = \left( \frac{180^\circ}{\pi} \right) * (\theta)$$

#### 4.2 SIMULACION DE COBERTURA DE ESTACION BASE:

Los datos necesarios para el cálculo del TILT y Azimuth se sacan del google Earth (Azimuth, Distancia y altura de cota). Por tratarse de una zona rural, la banda apropiada por sus características de propagación es la BANDA DE 850 Mhz; por lo tanto los nombres de los sectores tienen su equivalencia en esa banda:

Sector 01 (Banda 1900Mhz) = Sector 8 (Banda 850Mhz), Sector 02 (Banda 1900Mhz) = Sector 9 (Banda 850Mhz), Sector 03 (Banda 1900Mhz) = Sector 0 (Banda 850Mhz).



#### 4.2.1 PREDICCION COBERTURA SITE OCALLI.

TABLA N°1 SITE OCALLI ( COTA = 1858 m.s.n.m )

	DIRECCION	AZIMUTH ( ° )	DISTANCIA (mts)	COTA (m.s.n.m)	TILT ( ° )
SECTOR 8	OCALLI - SELCHO CUZCO	114.03	4015	1581	4.45
	OCALLI - TACTAMAL	109.70	6413	1615	2.48
	OCALLI - DELO	111.43	9727	1453	2.59
	<b>PORMEDIO SECTOR 08</b>	<b>111.72</b>			<b>3.17</b>
SECTOR 0	OCALLI - VISTA ALEGRE	336.03	4817.62	1648	2.91
	OCALLI - QUISPE	324.08	3385.71	1624	4.55
	<b>PORMEDIO SECTOR 0</b>	<b>330.055</b>			<b>3.73</b>

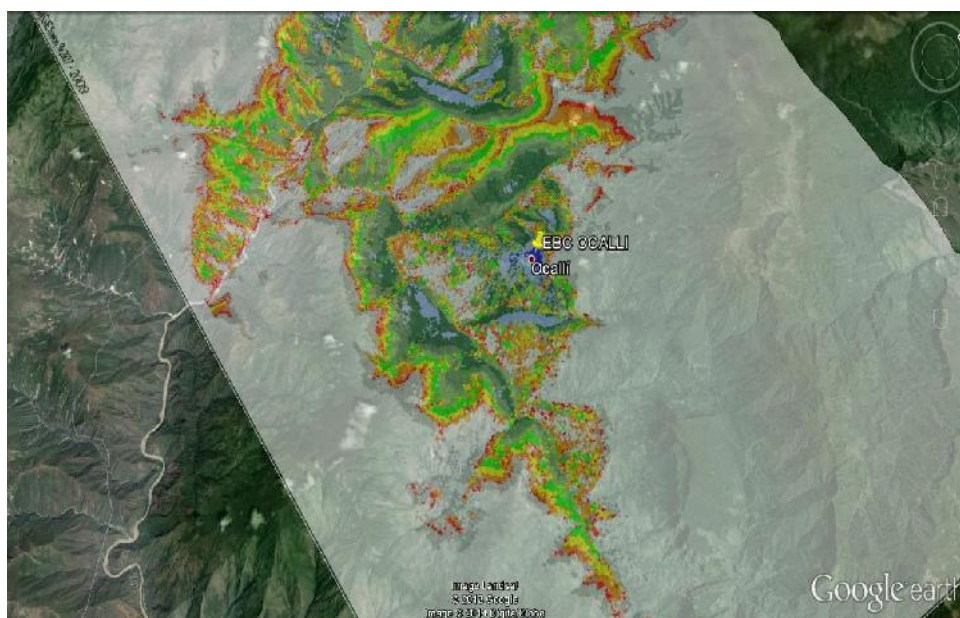


Figura 5: PREDICCION COBERTURA SITE OCALLI.

#### DESCRIPCION DE GRAFICO

- ☒ Best Server
  - ☐ GSM-Default
  - ☐ AMPS-Default
  - ☐ GSM-1900
  - ☐ GSM-850
- ☐ -50.0 <=x dBm -50<=x dBm
- ☐ -60.0<=x<-50.0 dBm -60<=x<-50 dBm
- ☐ -65.0<=x<-60.0 dBm -65<=x<-60 dBm
- ☐ -70.0<=x<-65.0 dBm -70<=x<-65 dBm
- ☐ -75.0<=x<-70.0 dBm -75<=x<-70 dBm
- ☐ -80.0<=x<-75.0 dBm -80<=x<-75 dBm
- ☐ -85.0<=x<-80.0 dBm -85<=x<-80 dBm
- ☐ -90.0<=x<-85.0 dBm -90<=x<-85 dBm
- ☐ -92.0<=x<-90.0 dBm -95<=x<-90 dBm
- ☐ -102.0<=x<-92.0 dBm -102<=x<-95 dBm

## 4.2.2 PREDICCION COBERTURA SITE KUNAMIA (CAMPORREDONDO).

TABLA N°2 SITE KUNAMIA ( COTA = 2012 m.s.n.m )

SECTOR 8	DIRECCION	AZIMUTH ( ° )	DISTANCIA (mts)	COTA (m.s.n.m)	TILT ( ° )
	KUNAMIA - CAMPORREDONDO	112.22	6250.54	1747	2.89
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	<b>PORMEDIO SECTOR 08</b>	<b>112.22</b>			<b>2.89</b>
SECTOR 9	KUNAMIA - COCOCHO	86.54	4774.17	1798	3.17
	KUNAMIA - GUADALUPE	65.48	1971.93	1658	11.76
	<b>PORMEDIO SECTOR 09</b>	<b>76.01</b>			<b>7.47</b>
SECTOR 0	KUNAMIA - YUNGASUYO	355.30	4481.49	1464	7.66
	KUNAMIA - CALPON	323.33	5201.36	1360	7.75
	<b>PORMEDIO SECTOR 0</b>	<b>339.315</b>			<b>7.71</b>

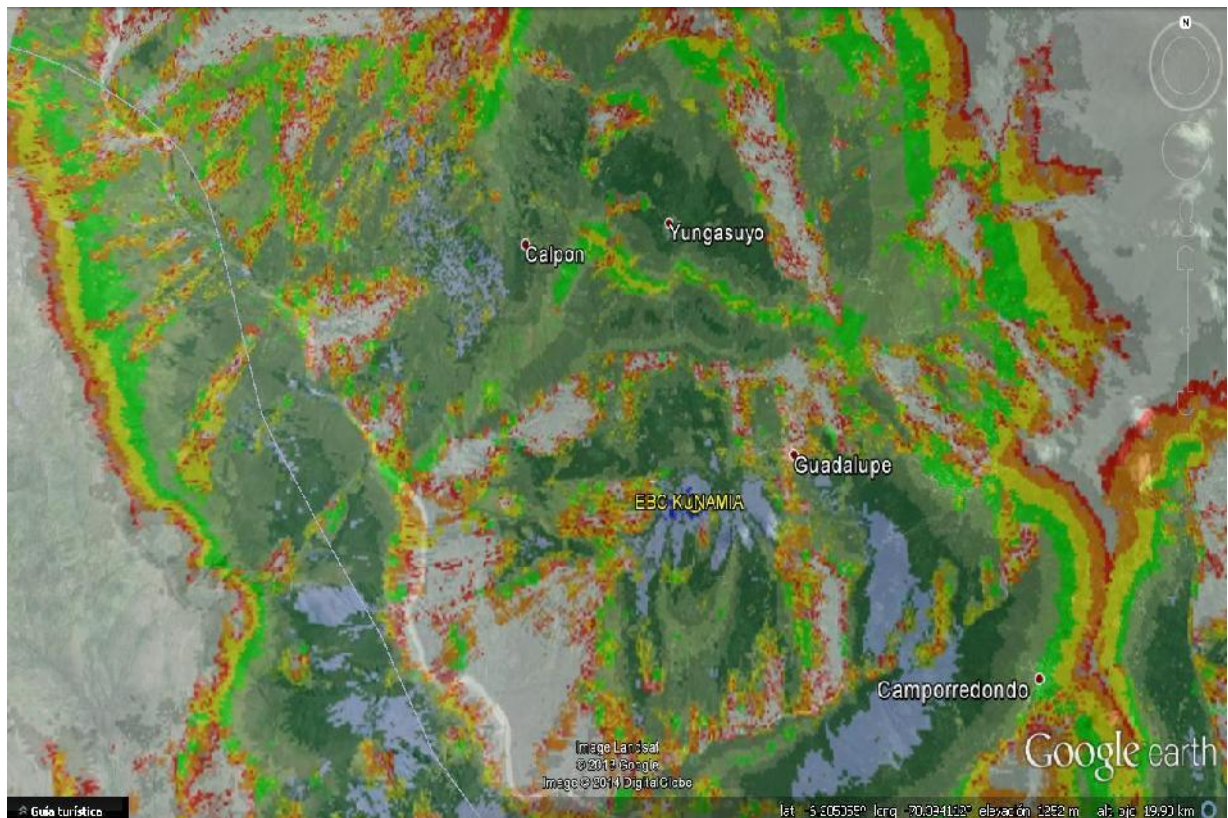


Figura 6: PREDICCION COBERTURA SITE KUNAMIA (CAMPORREDONDO).



- ☒ Best Server
  - ☐ GSM-Default
  - ☐ AMPS-Default
  - ☐ GSM-1900
  - ☐ GSM-850
- ☐ -50.0 <=x dBm -50<=x dBm
- ☐ -60.0<=x<-50.0 dBm -60<=x<-50 dBm
- ☐ -65.0<=x<-60.0 dBm -65<=x<-60 dBm
- ☐ -70.0<=x<-65.0 dBm -70<=x<-65 dBm
- ☐ -75.0<=x<-70.0 dBm -75<=x<-70 dBm
- ☐ -80.0<=x<-75.0 dBm -80<=x<-75 dBm
- ☐ -85.0<=x<-80.0 dBm -85<=x<-80 dBm
- ☐ -90.0<=x<-85.0 dBm -90<=x<-85 dBm
- ☐ -92.0<=x<-90.0 dBm -95<=x<-90 dBm
- ☐ -102.0<=x<-92.0 dBm -102<=x<-95 dBm

## 4.2.3 SIMULACION COBERTURA TOTAL DE LAS 02 ESTACIONES

Descripción del gráfico: la cobertura de las dos estaciones brinda una buena cobertura en ambas localidades alcanzando una potencia de cobertura de 50 db que es la más alta para la comunicación y este nivel no existe interferencias de la misma.

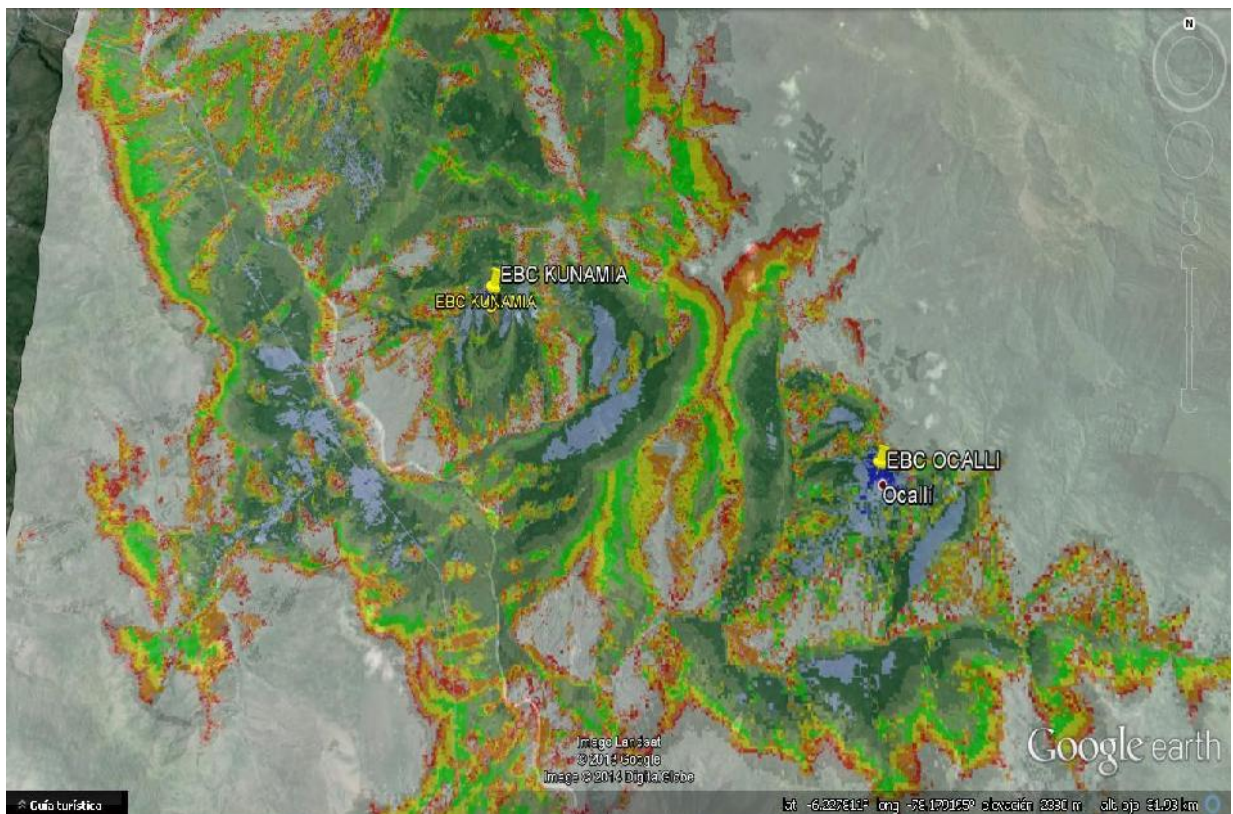


Figura 7: SIMULACION COBERTURA TOTAL DE LAS 02 ESTACIONES.

### **4.3 Cálculo de carga esperada de tráfico.**

La capacidad de tráfico esperada para una estación es difícil de predecir porque no solo depende de la cantidad de abonados en la zona si no de las características que tengan:

- Tipo de tráfico entrante o saliente: mayor incidencia en recepción de llamadas que en llamadas salientes o viceversa.
- Tipos de abonados en la zona: convencionales con minutos libres, o abonados con límite de minutos ya sea con tarjeta o tarifas fijas.
- Actividad comercial de la zona: las zonas con mayor actividad por lo general presentan mayor carga de tráfico que las zonas residenciales.

Estas características definirán la duración de las llamadas y el tráfico de la zona.

Realizaremos un ejercicio para estimar el posible tráfico en la hora cargada de nuestros distritos en estudio, tomando como base los valores obtenidos del censo 2007 tenemos:

**Habitantes PEA en Ocallí 1500 habitantes y PEA en Camporredondo 2227 habitantes.**

Asumiendo que en dos años (24° meses) se tengan 1200 abonados en cada distrito; este valor es referencial y tendrá que ser conversado con el área comercial de la empresa cuando se tome la decisión económica en la cual tal vez se requiera una mayor cantidad de teléfonos vendidos.

En el libro TheCellular Radio Handbook indica que se puede asumir para un mercado nuevo una carga de 50% de los usuarios en la hora cargada, para el mercado peruano en una zona rural vamos a sumir un 30%. Si tenemos 1200 posibles usuarios, y asumimos que el 30% hablará al mismo tiempo en la hora pico del sistema, con lo cual tenemos 360 llamadas de voz en total (llamadas entrantes más salientes), asumiendo la duración promedio de las llamadas en 2.5 minutos, tenemos:

Flujo llamadas en hora pico =  $360 \times 2.5 = 900$  llamadas –minuto

Erlangs =  $900/60 = 15$  erlangs

15 erlangs equivale a 23 Canales usados, según tabla Erlang B a 2% de pérdida.

La tabla erlang B a 2% es usada para calcular la cantidad de canales que se necesitan en una estación base y saber si la estación base puede soportar ese tráfico.

## CAPÍTULO V

### 5 SELECCIÓN Y EQUIPAMIENTO.

#### 5.1 Selección de Equipamiento de Estación Base Celular Ocallí y Camporredondo.

**Nota:** Se utilizara el mismo criterio y equipamiento para ambas estaciones base Celular y que se opta por dar la mejor cobertura a los distritos en mención.

##### 5.1.1 Infraestructura.

En lo que se refiere a infraestructura se requiere:

##### 5.1.1.1 Torre.

De los cálculos obtenidos en la sección 2.2 se debe tener una torre de 70m. Se asume ese tamaño de torre para que sirva para colocar la unidad ODU o la antena del microondas y para llegar a más localidades. En la torre se instalará la luz de balizaje, descansos, cable de vida, canastilla para antenas. La carga de la torre para vientos debe ser de 80 Km/h, carga esperada de vientos en Ocallí; se propone una torre auto soportada rectangular, es decir se soporta sobre sus propios cimientos (ver foto1), por ser la que mejor soporta esta carga de vientos.



Foto 1: Torre Autosoportada con plataforma para antenas de estación base celular.

#### **5.1.1.2 Sala para equipos.**

En nuestro caso para obtener mayor rentabilidad usaremos equipos outdoor (estarán dentro de gabinetes de energía outdoor y gabinetes de transmisión outdoor) además de paredes metálicas.

Con este tipo de estación se evita gastos de implementación, además de adecuación, Aclimatación de la sala (instalación de Aire Acondicionado ó extractor / inyector de aire, con la finalidad de mantener fresco el ambiente interno) y en el consumo de energía.

**Foto 2: Sala para equipos.**





### **5.1.1.3 Terreno de estación.**

Se necesita alquilar un terreno útil de un área aproximada de 50m<sup>2</sup>, donde se colocará la torre y los gabinetes outdoor, además se tendrá en cuenta los trámites que se tienen que realizar, incluyendo la licencia de funcionamiento y el cerco perimétrico del terreno.

### **5.1.1.4 Energía Eléctrica.**

#### **5.1.1.5 Energía AC.**

Se necesita una potencia de 30 KW (monofásica), esta tarifa es la más adecuada para el tipo de carga de las estaciones base celular que casi no cuenta con potencia reactiva, esto incluye transformador de media a baja tensión, transformix (transformador para medidor de corriente), y postes en caso ser necesario.



**Foto 3: Energía AC.**

#### **5.1.1.6 Energía DC.**

Se requiere de un rectificador y de dos bancos de baterías para una carga de equipos de 56Amps aproximadamente.

##### **5.1.1.5.1 Rectificador.**

La carga del rectificador es la carga de los equipos cuya capacidad se determina de los datos del fabricante, más la corriente durante la carga de baterías que según datos de fabricantes debe ser el 10% de la capacidad nominal del banco; en la siguiente sección de baterías se indica que se necesita dos bancos de 155 Ah.

Los cálculos estimados son:

25Amp de equipo + 31Amp carga de baterías = 56 Amp

En Wattios es 56Amp x 48 V nominal = 2688 W.

El rectificador debe ser de capacidad de 3 KW.



#### **5.1.1.5.2 Banco de baterías.**

Debe ser de tracción y de libre mantenimiento (baterías de tracción son baterías que pueden soportar varias descargas profundas hasta 20% de su capacidad nominal unas 100 veces sin perder su capacidad) para que pueda soportar los cortes de fluido eléctrico, dos bancos de 155 Ah nos brinda una autonomía real aproximada de 10 h, y por tratarse de una sola estación para una localidad lo justifica.



Foto 5: Banco de baterías.

### 5.1.1.5.3 Sistema Pararrayos.

Por usar sistema de tierra Parres Steel el sistema de pararrayo a usar sería el “Pararrayos Dipolo 2G”. El Pararrayo dipolo 2G es un pararrayo especialmente diseñado para el sistema Parres Steel cuenta con un botaguas y un mástil de 3 metros para instalarse sobre torre.

El pararrayo dipolo 2G tiene un ángulo de protección de  $71^\circ$  con respecto a la vertical el cual protege totalmente a la radio base.



Foto 6: Sistema Pararrayo.

#### 5.1.1.5.3.1. Bajante de pararrayo.

Para estos sitios proponemos la bajante pararrayos de acero galvanizado de 5/8' Parres by Condumex, este es un cable especialmente diseñado para el sistema Parres Steel. El cable de bajante de pararrayo debe ser un cable de un solo tramo continuo y

Será fijado en la pata de la torre opuesto a la cama de feeders mediante flejes metálicos.

El cable Parres by Condumex cuenta con un forro transparente resistente a la tensión hasta a 600 volts y resistente a los rayos UV. Este cable está construido por 7 torones de 19 hilos cada torón, dicha configuración le da al cable resistencia mecánica para que se pueda manejar fácilmente y permitir radios de curvaturas suaves



Foto 7: Bajante de pararrayo.

### **5.1.2. Sistema de tierra.**

Con el constante crecimiento de la comunicación celular han surgido nuevas problemáticas como lo es el robo de los conductores y barras de cobre dentro de una radio base. Esto se ha originado por el precio tan alto que tiene el cobre en el mercado y la reutilización que tiene los elementos en otra radio base. La Empresa Parres S.A. de C.V. preocupada por el robo de cobre en radio bases, se ha dado a la tarea de buscar soluciones para erradicar este problema, de tal manera

hemos enfocado nuestros esfuerzos para diseñar un sistema de Tierra a Base de Acero Galvanizado el cual no es atractivo para el robo, ya que el precio de reventa de este material es muy bajo, tomando en cuenta el trabajo que implica la desinstalación de acero del Sistema de Tierra Parres Steel.

Para este nuevo sistema de aterramiento existen diversos aterramientos.

#### **5.1.2.1 Barras de tierra de equipos en torre.**

Para aterrizar los cables alimentadores o cualquier equipo instalado en torre (como las ODU's para los MW'S) se instalaran barras de acero galvanizado BT2G 12C o de 6 conexiones BT2G 9C que cuenta con 12 o 9 conexiones para grounding. Una ventaja de estas barras es que ya no es necesaria la utilización de zapatas ponchables para conectar los grounding. Todo es mediante opresores Allen.

La interconexión de las barras hasta el sistema de tierras se hace mediante cable de 3/8 de pulgada Parres by Condumex.

#### **5.1.2.2 Barra de tierras de acometida.**

Para la barra de tierra de acometida se instalara una barra de 5 conexiones, esta barra sirva para dar referencia al neutro de la alimentación eléctrica, es aquí el único punto de la instalación en donde se conecta el neutro con la malla de tierra.

La barra de tierras BT5C se fija directa mente sobre muro mediante taquetes de expansión. Al igual que las barras BT12C estas llevan un acrílico protector.

Para referenciar a la malla a tierra así como para hacer la unión con el cable de neutro y para aterrizar el gabinete se utilizara cable de acero galvanizado Parres by Condumex de 3/8".





### 5.1.2.3. Malla de tierras.

La malla de tierras está conformada por electrodos Parres 380 Fe, estos electrodos están contruidos de acero galvanizado, cuenta con un ánodo de sacrificio de zinc el cual brinda protección al sistema Parres Steel hasta por 20 años. Para los sitios de comunicación se instalaran electrodos Parres 380 Fe con un diámetro de excavación que va determinado según la resistividad del terreno y la ingeniería previamente realizada.

Resistividad del terreno	Tipo de terreno	Diámetro de excavación en metros	Bultos de 50 kg de EP-TR por electrodo
Menor a 200Ω	A	0.6	4
Menor a 500Ω	B	1.2	12
Menor a 1000Ω	C	2	34

El número de electrodos depende de las condiciones del terreno y de la ingeniería realizada.



**Foto 10: Acondicionamiento de los electrodos.**

La interconexión de los electrodos Parres 380 Fe se realiza mediante tubo de acero galvanizado de 3/4' de diámetro cedula 40.



**Foto 11: Acondicionamiento de los electrodos.**

Para interconectar el tubo de acero galvanizado de  $\frac{3}{4}$ ' con electrodo se utiliza un cable de  $\frac{5}{8}$ ' el cual será soldado en un extremo a la caja de conexión del electrodo Parres 380 Fe y al otro extremo al tubo de acero galvanizado.



#### 5.1.2.4 Supresores de Pico.

Los sistemas de protección contra picos protegen a los equipos de las altas tensiones producidas por rayos, variaciones en la energía comercial AC, etc. Se colocan a la entrada de la energía comercial AC y luego se van distribuyendo hacia la entrada del distribuidor de energía y la toma de energía AC del rectificador. El dimensionamiento de la capacidad de supresores de picos viene dado por la capacidad de la tolerancia de picos del rectificador que es un dato del fabricante. Por lo menos debe considerar el de primera protección para picos mayores de 800V y debe estar junto al tablero de distribución eléctrica.



Foto13: supresor de picos.



### 5.1.3 Equipamiento.

#### 5.1.3.1 Estación Base Celular.

Se requiere de una estación base celular GSM para exteriores equipada con tres sectores, dentro de los precios se debe incluir la instalación de la misma. En la siguiente foto se muestra un equipo HUAWEI DBS 3900 dentro del gabinete de transmisiones outdoor.

La selección de equipamiento se realizó a base costos por lo que se seleccionó BTS Huawei que tiene un costo menor en comparación a las de las empresas Nokia, Ericsson, etc. Además se ahorra en energía (bajo consumo de energía), por lo cual se obtiene mayor autonomía de energía. Al obtener mayor autonomía personal de Operación y Mantenimiento de la Red de Acceso, gana tiempo para las coordinaciones, monitoreo y traslado para atención de la emergencia de energía (pudo haber caído Rayo, proveedor de energía por problemas corta fluido eléctrico, etc.).

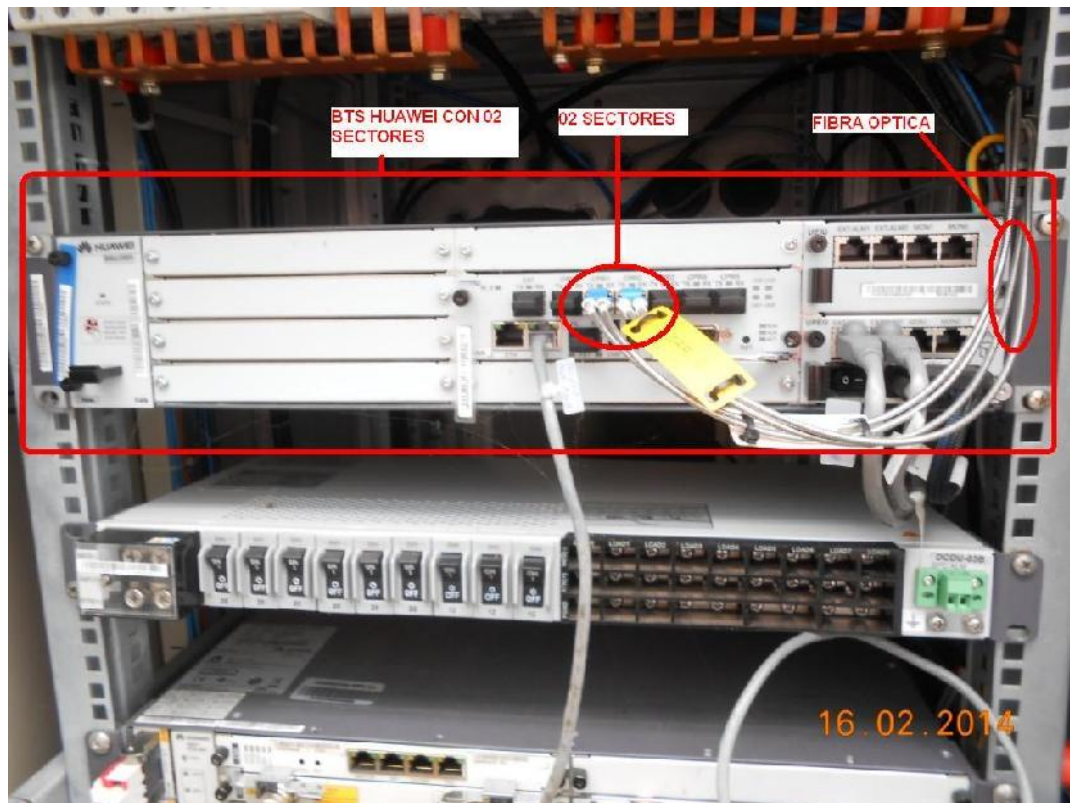
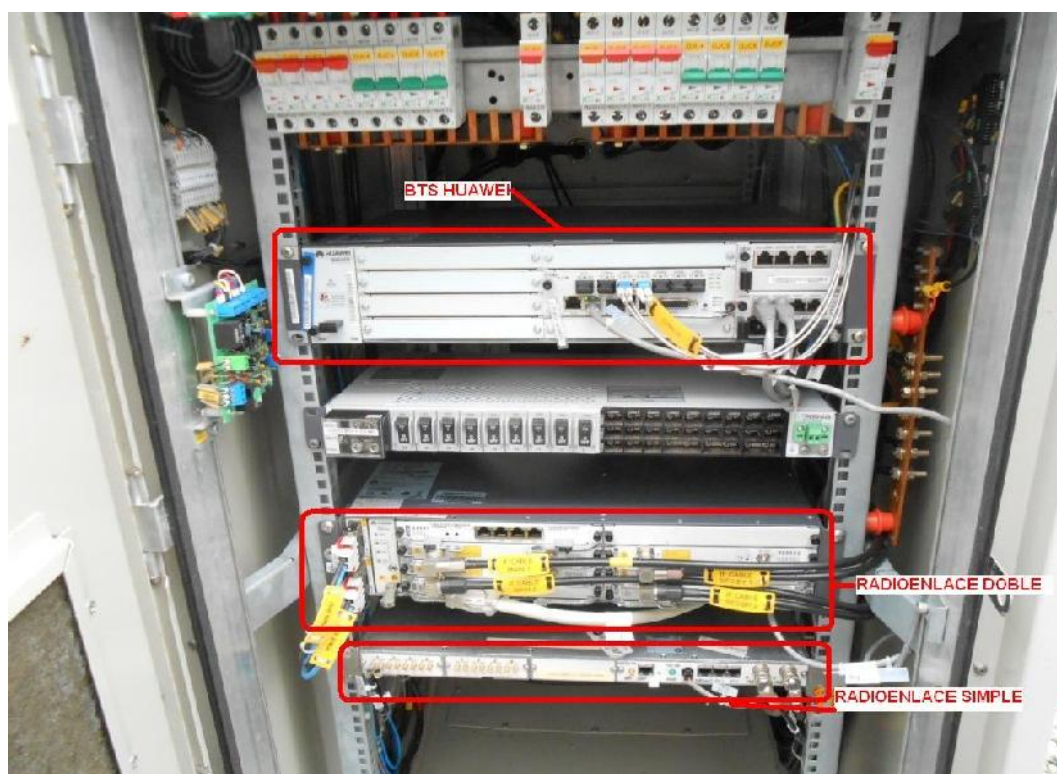
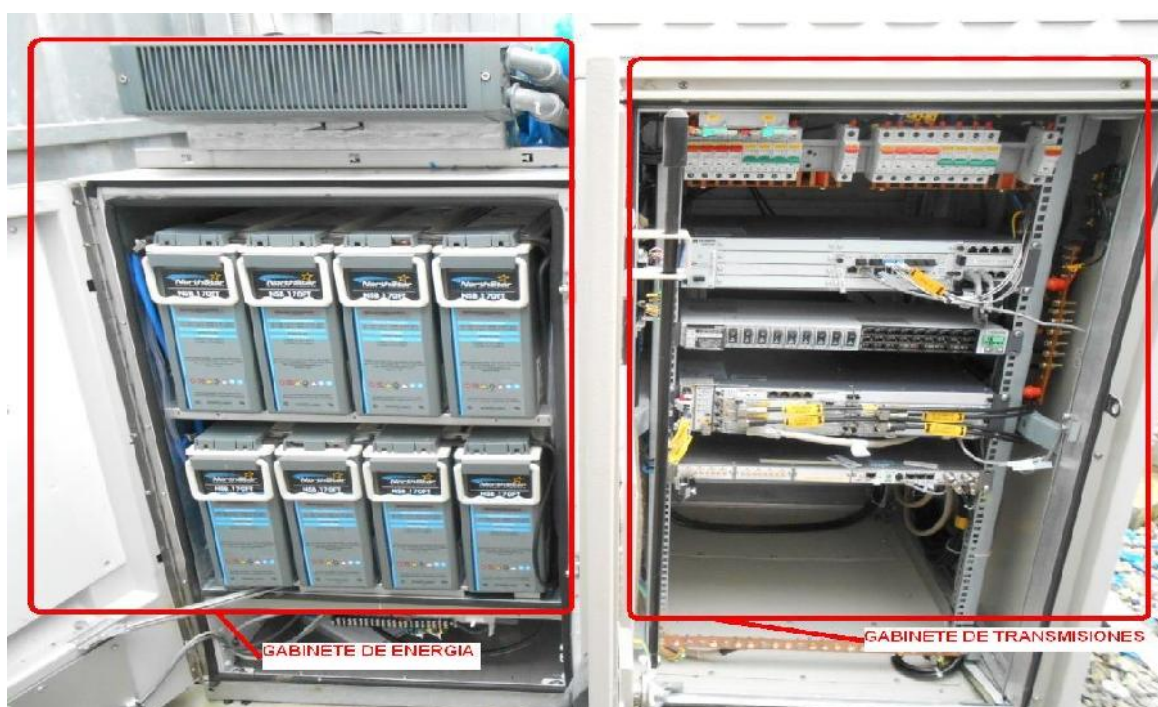


Foto 14: BTS HUAWEI 3900.



**FOTO 15: BTS HUAWEI 3900 MAS RADIOENLACE DOBLE Y SIMPLE**



**FOTO 16: BTS HUAWEI 3900 MAS RADIOENLACE DOBLE Y SIMPLE MAS GABINETE DE ENERGIA.**

### 5.1.3.2 Medio de transporte.

Se usará un enlace microondas para ambas estaciones con capacidad de 100 Mbps, en el costo se incluye los gastos de licencia en el MTC. Para estas frecuencias los equipos se componen de dos unidades la IDU que procesa la banda base y la ODU que está en la torre junto a la antena y donde se produce la frecuencia de 7GHz, la unión de estos dos equipos es por medio de cable coaxial, con esta distribución se ahorra la guía de onda desde el gabinete de transmisiones de equipos hasta la antena.

La elección de equipamiento depende del departamento de Transmisiones si tienen en stock los equipos y materiales necesarios (pueden reutilizar radioenlaces desmontados de otras estaciones). Por lo que nosotros nos hemos dedicado a sustentar mediante simulación la validez de los parámetros de los radioenlaces.

A continuación a modo de ejemplo los parámetros de uno de los enlaces propuestos.

**Tabla N° 3: Frecuencia y Polarización de antenas.**

Frecuency TX:	7680	7526	Canal	4	SubBanda	G
Link Type:	100 Mbp 1 + 1					
Equipment:	Huawei		RTN910			
Polarization:	Vertical					
Antenna Height:	Total:	45	Antenna:	45	Total:	45



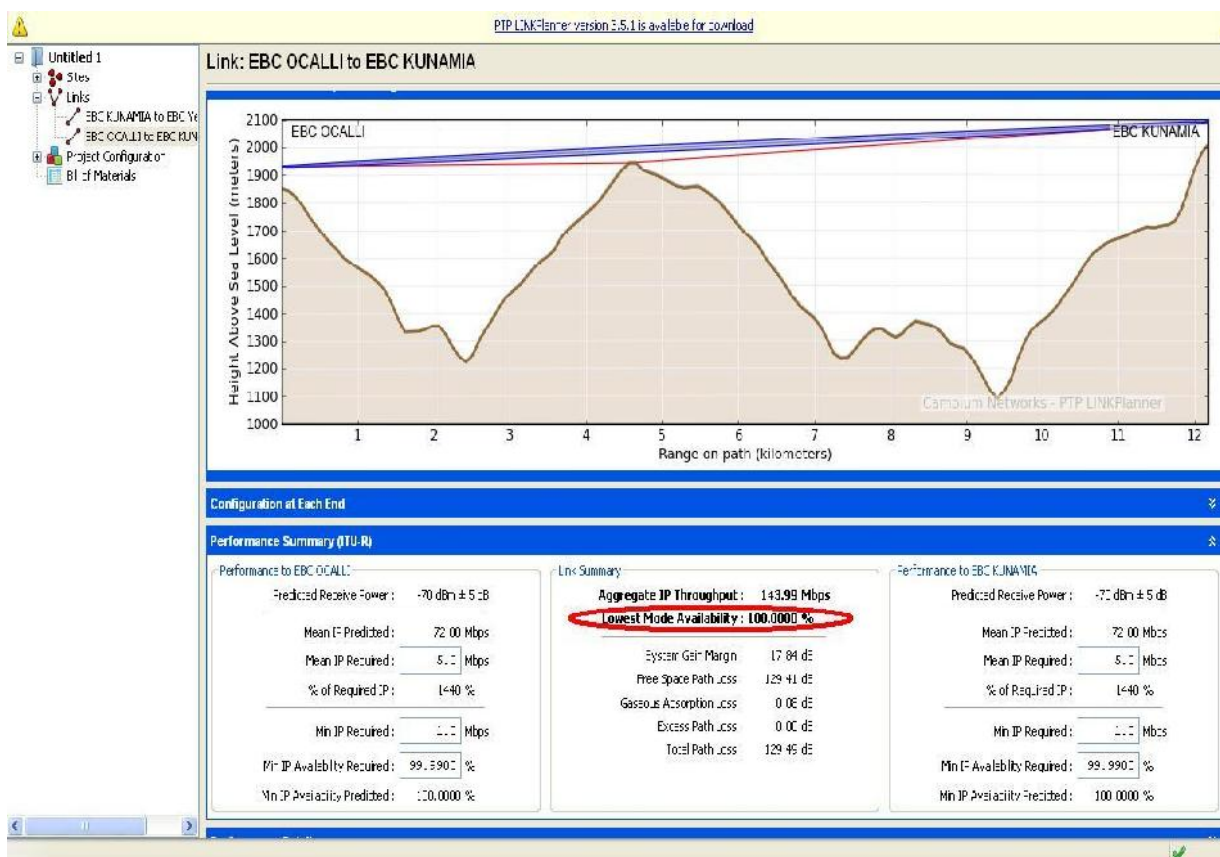
**Foto 17: Antenas Microondas 7 GHz y 15 GHz (pequeña)**



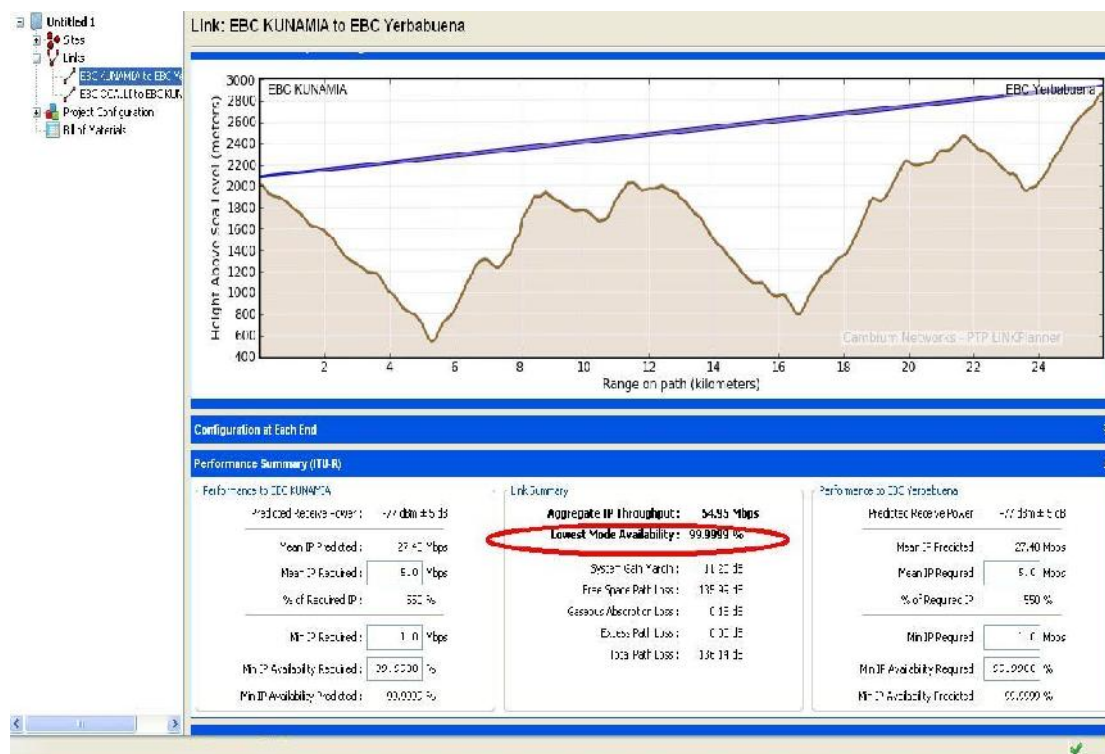
Tabla N° 4: Propagación Utilizando el programa de PTP LINK Planner

PROPAGATION AND AVAILABILITY CALCULATION			
Equipment:	RF CENTRAL FREQUENCY	GHz	7.603
	TRANSMITTER POWER	dBm	22
Gains:	LINK DISTANCE	Km	17.427
	ANTENNA GAIN AT A	dB	40.8
	ANTENNA GAIN AT B	dB	40.8
	TOTAL GAIN	dB	81.6
Levels, Interruption Time and Availability	LINK ATTENUATION	dB	57.39
	RX LEVEL WITHOUT FADING	dBm	-35.39
	THRESHOLD LEVEL (BER =1E-3)	dBm	-77
	THRESHOLD LEVEL (BER =1E-6)	dBm	-74
	FADING MARGIN (BER =1E-3)	dB	41.610
	FADING MARGIN (BER = 1E-6)	dB	38.610

Figura 8: RADIOENLACE OCALLI - KUNAMIA:



**Figura 9: RADIOENLACE KUNAMIA - YERBABUENA:**



**Foto18: estructura de instalación de una antena microondas.**



**Foto19: estructura de una torre con antenas tanto sectoriales como de radioenlace.**

### **5.1.3.3 Antenas y cables y accesorios.**

#### **5.1.3.3.1 Antenas.**

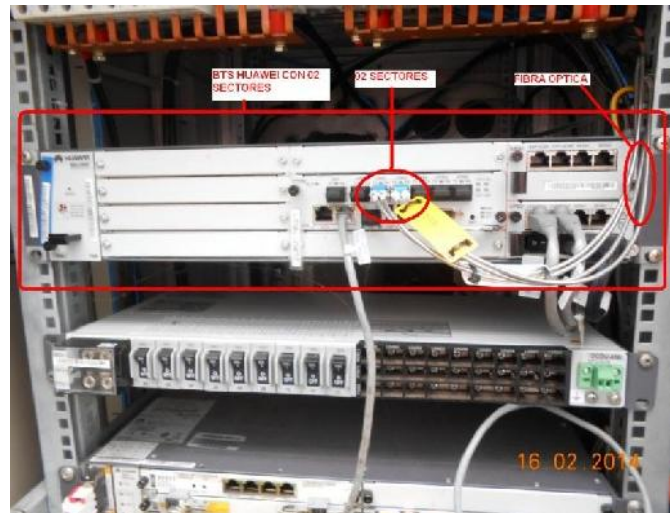
De acuerdo a cálculos indicados en sección 2.2, se usaran tres antenas duales para la estación Camporredondo y dos para estación ocalli (para ahorrar espacio en la torre) de 14dB de Ganancia y con apertura horizontal de 60° para evitar el softer handoff entre los sectores y obtener el mayor rendimiento en manejo de tráfico; la antena tendrán conectores tipo N de entrada. En la foto 20. Se muestra un arreglo de antenas con antenas duales para una estación de tres sectores.



**Foto20: Antenas sectoriales.**

#### 5.1.3.3.2 Cables y conectores.

De cálculos de sección 2.2, se necesitan aproximadamente 480mts. De fibra óptica (6 tiradas de 80m), con sus respectivos accesorios de instalación.



## CAPÍTULO VI

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### 6.1 PRESUPUESTO DE UNA ESTACION BASE CELULAR OCALLI.

##### 6.1.1 INFRAESTRUCTURA.

En base a los ítems mencionados en sección 3.1.1.1 se toman los siguientes costos:

**Cuadro N° 1: Inversión Infraestructura**

<b>ITENS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO(DÓLARES AMERICANOS)</b>
1	Torre 70m carga 80Km/h	17000
2	Shelter	9000
3	Terreno estación 50m2	1000
<b>Total</b>	<b>Infraestructura</b>	<b>27000</b>

##### 6.1.2 Energía Eléctrica.

En base a los ítems mencionados en sección 3.1.2.1 se toman los siguientes costos:

**CUADRO N°2: INVERSIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA.**

<b>ITENS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO(DÓLARES AMERICANOS)</b>
1	Sistema Energía AC	3000
2	Sistema Energía DC	8000
3	Sistema Protección	4000
<b>Total</b>	<b>Energía Eléctrica</b>	<b>15000</b>



### 6.1.3 Equipamiento.

En base a los items mencionados en sección 3.1.3 se toman los siguientes costos:

Cuadro N°3: Inversión Equipamiento.

ITEN	DESCRIPCIÓN	COSTO(DÓLARES AMERICANOS)
1	Estación GSM HUAWEI	10000
2	Enlace Microondas	15000
3	Antenas, cables, conectores, accesorios	2000
4	<b>Total</b>	<b>27000</b>

### 6.1.4 Resumen de Inversión.

Cuadro N°4: Resumen de Inversión.

ITENS	DESCRIPCIÓN	COSTO(DÓLARES AMERICANOS)
1	Infraestructura	27000
2	Energía	15000
3	Equipamiento	27000
4	<b>Total</b>	<b>69000</b>

### 6.1.5 Gastos Operativos.

Los gastos principales de una estación son los de electricidad que es un pago mensual el cual es aproximadamente \$200.00 otros gastos de limpieza, seguridad y mantenimiento de equipos se pueden estimar en \$50 mensuales.

Haciendo un total de \$250.00.

## 6.2 PRESUPUESTO DE UNA ESTACION BASE CELULAR CAMPORREDONDO.

### 6.2.1 INFRAESTRUCTURA.

En base a los ítems mencionados en sección 3.1.1 se toman los siguientes costos:

**Cuadro N° 5: Inversión en Infraestructura.**

ITENS	DESCRIPCIÓN	COSTO(DÓLARES AMERICANOS)
1	Torre 70m carga 80Km/h	20000
2	Gabinetes outdoors	9000
3	Terreno estación 50m2	1000
<b>Total</b>	<b>Infraestructura</b>	<b>30,000</b>

### 6.2.2 Energía Eléctrica.

En base a los ítems mencionados en sección 3.1.2 se toman los siguientes costos:

Cuadro N°6: Inversión Energía Eléctrica.

ITENS	DESCRIPCIÓN	COSTO(DÓLARES AMERICANOS)
1	Sistema Energía AC	11000
2	Sistema Energía DC	8000
3	Sistema Protección	4000
4	<b>Total</b>	<b>23,000</b>

### 6.2.3 Equipamiento.

En base a los ítems mencionados en sección 3.1.3 se toman los siguientes costos:

**Cuadro N°7: Inversión Equipamiento.**

<b>ITEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO(DÓLARES AMERICANOS)</b>
<b>1</b>	Estación Base GSM HUAWEI	10000
<b>2</b>	Enlace Microondas	15000
<b>3</b>	Antenas, cables, conectores, accesorios	2000
<b>4</b>	<b>Total</b>	<b>27,000</b>

### 6.2.4 Resumen de Inversión.

**Cuadro N°8: Resumen Inversión**

<b>ITEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO(DÓLARES AMERICANOS)</b>
<b>1</b>	Infraestructura	30000
<b>2</b>	Energía	23000
<b>3</b>	Equipamiento	27000
<b>4</b>	<b>Total</b>	<b>80,000</b>

### 6.2.5 Gastos Operativos.

Los gastos principales de una estación son los de electricidad que es un pago mensual el cuales aproximadamente \$200.00 debido sobre todo a los aires acondicionados, otros gastos de limpieza, seguridad y mantenimiento de equipos se pueden estimar en \$50 mensuales.

Haciendo un total de \$250.00

### **6.3. EVALUACION DE INDICADORES FINANCIEROS.**

Los encargados de evaluar la factibilidad comercial de una nueva estación es el área de finanzas y marketing en una empresa, de acuerdo al presupuesto que se le encarga el área de Ingeniería y en coordinación con el área de ventas quienes son finalmente los encargados de conseguir los abonados para la empresa. En esta parte del trabajo vamos a realizar un ejercicio de estimación de ingresos que proporcionaría la nueva estación a la empresa.

#### **6.3.1 Ingresos por estación Ocallí.**

Los abonados en una empresa operadora de telefonía móvil le suponen un ingreso estimado de \$10.00; esto es en promedio considerando abonados prepagos y postpagos, las diferentes tarifas que paguen, En el cálculo de tráfico esperado se estimó que 1200 abonados podrían producir 15 erlangs en la hora pico el cual podría ser manejado por cualquiera de las alternativas. Para efectos de los cálculos se asumirá que los 1200 abonados será la meta en dos años (24 meses); que la captación de los mismos será 41 por mes tomando como referencia el estudio realizado por Roycer Martinez perteneciente al área comercial de un operador móvil en en estación Laredo -Trujillo. Además por encuesta realizada se tiene que en un total de 200 personas cuentan con equipo de un operador que brinda servicio en el distrito vecino de Lonya Grande; esto nos garantiza que una vez puesta en operación la estación base en el distrito en estudio tenemos 200 ciudadanos utilizan el servicio móvil en el primer mes de operación.

Los ingresos que se generarían en dos años asumiendo un TMAR de 1% mensual y usando factores de interés discreto capitalizado al 1%, y que cada nuevo abonado representa \$10.00 y el ingreso es 41 abonados mensual se muestra en la siguiente Tabla:

**Cuadro N° 9: Ingresos por Abonados Ocallí.**

<b>MES</b>	<b>N° DE ABONADOS</b>	<b>INGRESO</b>	<b>FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)</b>	<b>INGRESO</b>
1	200	2000	0.9901	1980.20
2	241	2410	0.9803	2362.52
3	282	2820	0.9706	2737.09
4	323	3230	0.961	3104.03
5	364	3640	0.9515	3463.46
6	405	4050	0.942	3815.10
7	446	4460	0.9327	4159.84
8	487	4870	0.9235	4497.45
9	528	5280	0.9143	4827.50
10	569	5690	0.9053	5151.16
11	610	6100	0.8963	5467.43
12	651	6510	0.8874	5776.97
13	692	6920	0.8787	6080.60
14	733	7330	0.8700	6377.10
15	774	7740	0.8613	6666.46
16	815	8150	0.8528	6950.32
17	856	8560	0.8444	7228.06
18	897	8970	0.8360	7498.92
19	938	9380	0.8277	7763.83
20	979	9790	0.8195	8022.91
21	1020	10200	0.8114	8276.28
22	1061	10610	0.8034	8524.07
23	1102	11020	0.7954	8765.31
24	1143	11430	0.7876	9002.27
				<b>138498.89</b>

### 6.3.2 Cálculo del VAN

#### 6.3.2.1 Cálculo de VAN para Estación Base Celular Ocallí:

Tenemos:

Inversión: 69,000

Ingresos: Se usa la siguiente tabla para calcular los ingresos incluyendo los gastos por operación y mantenimiento de la estación

Cuadro N°10: Calculo VAN Ocallí.

MES	N° DE ABONADOS	INGRESO	EGRESO	FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)	INGRESO
1	200	2000	250	0.9901	1732.68
2	241	2410	250	0.9803	2117.45
3	282	2820	250	0.9706	2494.44
4	323	3230	250	0.961	2863.78
5	364	3640	250	0.9515	3225.59
6	405	4050	250	0.942	3579.60
7	446	4460	250	0.9327	3926.67
8	487	4870	250	0.9235	4266.57
9	528	5280	250	0.9143	4598.93
10	569	5690	250	0.9053	4924.83
11	610	6100	250	0.8963	5243.36
12	651	6510	250	0.8874	5555.12
13	692	6920	250	0.8787	5860.93
14	733	7330	250	0.8700	6159.60
15	774	7740	250	0.8613	6451.14
16	815	8150	250	0.8528	6737.12
17	856	8560	250	0.8444	7016.96
18	897	8970	250	0.8360	7289.92
19	938	9380	250	0.8277	7556.90
20	979	9790	250	0.8195	7818.03
21	1020	10200	250	0.8114	8073.43
22	1061	10610	250	0.8034	8323.22
23	1102	11020	250	0.7954	8566.46
24	1143	11430	250	0.7876	8805.37
					133,188.09

$$\text{VAN}_{24} (1\% \text{ mensual}) = -69000 + 133188.09 = 64,188.09$$

Para nuestro proyecto a partir del mes 16 obtenemos un VAN positivo en la cual los beneficios obtenidos alcanzan los costos de inversión y los gastos operativos y de mantenimiento generados; dándonos a entender que el proyecto es viable para su ejecución.

$$\text{VAN16 (1\% mensual)} = -69000 + 69737.79 = \mathbf{737.79}$$

### **6.3.3 Ingresos por estación Camporredondo.**

Los abonados en una empresa operadora de telefonía móvil le suponen un ingreso estimado de \$10.00; esto es en promedio considerando abonados prepagos y postpagos, las diferentes tarifas que paguen, En el cálculo de tráfico esperado se estimó que 1300 abonados podrían producir 16.25 erlangs en la hora pico el cual podría ser manejado por cualquiera de las alternativas. Para efectos de los cálculos se asumirá que los 1300 abonados será la meta en dos años (24 meses); que la captación de los mismos será 41 por mes tomando como referencia el estudio realizado por José Guerra Amaya en estación Laredo -Trujillo. Además por encuesta realizada se tiene que en un total de 300 personas cuentan con equipo de un operador que brinda servicio en el distrito vecino de Lonya Grande; esto nos garantiza que una vez puesta en operación la estación base en el distrito en estudio tenemos 300 ciudadanos utilizan el servicio móvil en el primer mes de operación.

Los ingresos que se generarían en un año asumiendo un TMAR de 1% mensual y usando factores de interés discreto capitalizado al 1%, y que cada nuevo abonado representa \$10.00 y el ingreso es 41 abonados mensual se muestra en la siguiente Tabla:

**Cuadro N°11: Ingresos por Abonados Camporredondo.**

<b>MES</b>	<b>N° DE ABONADOS</b>	<b>INGRESO</b>	<b>FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)</b>	<b>INGRESO</b>
<b>1</b>	300	3000	0.9901	2970.30
<b>2</b>	<b>341</b>	<b>3410</b>	0.9803	<b>3342.82</b>
<b>3</b>	382	3820	0.9706	3707.69
<b>4</b>	423	4230	0.961	4065.03
<b>5</b>	464	4640	0.9515	4414.96
<b>6</b>	505	5050	0.942	4757.10
<b>7</b>	546	5460	0.9327	5092.54
<b>8</b>	587	5870	0.9235	5420.95
<b>9</b>	628	6280	0.9143	5741.80
<b>10</b>	669	6690	0.9053	6056.46
<b>11</b>	710	7100	0.8963	6363.73
<b>12</b>	751	7510	0.8874	6664.37
<b>13</b>	792	7920	0.8787	6959.30
<b>14</b>	833	8330	0.8700	7247.10
<b>15</b>	874	8740	0.8613	7527.76
<b>16</b>	915	9150	0.8528	7803.12
<b>17</b>	956	9560	0.8444	8072.46
<b>18</b>	997	9970	0.8360	8334.92
<b>19</b>	1038	10380	0.8277	8591.53
<b>20</b>	1079	10790	0.8195	8842.41
<b>21</b>	1120	11200	0.8114	9087.68
<b>22</b>	1161	11610	0.8034	9327.47
<b>23</b>	1202	12020	0.7954	9560.71
<b>24</b>	1243	12430	0.7876	9789.87
				<b>159,742.09</b>



### 6.3.4 Cálculo del VAN

#### 6.3.4.1 Cálculo de VAN para Estación Base Celular Camporredondo:

Tenemos:

Inversión: 80000

Ingresos: Se usa la siguiente tabla para calcular los ingresos incluyendo los gastos por operación y mantenimiento de la estación

Cuadro N°12: Cálculo VAN para estación Camporredondo.

MES	N° DE ABONADOS	INGRESO	EGRESO	FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)	INGRESO
1	300	3000	250	0.9901	2722.78
2	341	3410	250	0.9803	3097.75
3	382	3820	250	0.9706	3465.04
4	423	4230	250	0.961	3824.78
5	464	4640	250	0.9515	4177.09
6	505	5050	250	0.942	4521.60
7	546	5460	250	0.9327	4859.37
8	587	5870	250	0.9235	5190.07
9	628	6280	250	0.9143	5513.23
10	669	6690	250	0.9053	5830.13
11	710	7100	250	0.8963	6139.66
12	751	7510	250	0.8874	6442.52
13	792	7920	250	0.8787	6739.63
14	833	8330	250	0.8700	7029.60
15	874	8740	250	0.8613	7312.44
16	915	9150	250	0.8528	7589.92
17	956	9560	250	0.8444	7861.36
18	997	9970	250	0.8360	8125.92
19	1038	10380	250	0.8277	8384.60
20	1079	10790	250	0.8195	8637.53
21	1120	11200	250	0.8114	8884.83
22	1161	11610	250	0.8034	9126.62
23	1202	12020	250	0.7954	9361.86
24	1243	12430	250	0.7876	9592.97
					<b>154,431.29</b>

$$\text{VAN (1\% mensual)} = -80,000 + 154,431.29 = \$74,431.29$$

Para nuestro proyecto a partir del mes 16 obtenemos un VAN positivo en la cual los beneficios obtenidos alcanzan los costos de inversión y los gastos operativos y de mantenimiento generados; dándonos a entender que el proyecto es viable para su ejecución.

$$\text{VAN16 (1\% mensual)} = -80,000 + 84,455.59 = \$4,455.59$$

**6.3.5 Escenarios asumidos para el retorno de la inversión, teniendo criterio en aumento de inversión y gastos operativos del 10% y 20%; uniendo ambos proyectos en un integrado es decir en un solo proyecto.**

#### **6.3.5.1 ESCENARIO 1°: PROYECTO INTEGRADO SIN AUMENTO DE INVERSION NI GASTOS OPERATIVOS.**

Cuadro N°13: Calculo del VAN para proyecto integrado sin aumento de inversión ni gastos operativos.

<b>MES</b>	<b>N° DE ABONADOS</b>	<b>INGRESO</b>	<b>EGRESO</b>	<b>FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)</b>	<b>INGRESO</b>
<b>1</b>	500	5000	500	0.9901	4455.45
<b>2</b>	<b>582</b>	<b>5820</b>	500	0.9803	5215.20
<b>3</b>	664	6640	500	0.9706	5959.48
<b>4</b>	746	7460	500	0.961	6688.56
<b>5</b>	828	8280	500	0.9515	7402.67
<b>6</b>	910	9100	500	0.942	8101.20
<b>7</b>	992	9920	500	0.9327	8786.03
<b>8</b>	1074	10740	500	0.9235	9456.64
<b>9</b>	1156	11560	500	0.9143	10112.16
<b>10</b>	1238	12380	500	0.9053	10754.96
<b>11</b>	1320	13200	500	0.8963	11383.01
<b>12</b>	1402	14020	500	0.8874	11997.65
<b>13</b>	1484	14840	500	0.8787	12600.56
<b>14</b>	1566	15660	500	0.8700	13189.20
<b>15</b>	1648	16480	500	0.8613	13763.57
<b>16</b>	1730	17300	500	0.8528	14327.04
<b>17</b>	1812	18120	500	0.8444	14878.33
<b>18</b>	1894	18940	500	0.8360	15415.84

<b>19</b>	1976	19760	500	0.8277	15941.50
<b>20</b>	2058	20580	500	0.8195	16455.56
<b>21</b>	2140	21400	500	0.8114	16958.26
<b>22</b>	2222	22220	500	0.8034	17449.85
<b>23</b>	2304	23040	500	0.7954	17928.32
<b>24</b>	2386	23860	500	0.7876	18398.34
					<b>287,619.38</b>

**VAN INTEGRACION 24 (1% mensual) = -149000 + 287619.38=138619.38**

Para nuestro proyecto a partir del mes 16 obtenemos un VAN positivo en la cual los beneficios obtenidos alcanzan los costos de inversión y los gastos operativos y de mantenimiento generados; dándonos a entender que el proyecto es viable para su ejecución.

**VAN16 (1% mensual) = -149,000 + 154,193.39 =\$5,193.386**

#### **6.3.5.2 ESCENARIO 2°: PROYECTO INTEGRADO CON UN AUMENTO DEL 10% DE LA INVERSION GASTOS OPERATIVOS 0%.**

**Cuadro N°14: Calculo del VAN para proyecto integrado con aumento del 10% de inversión y 0% de gastos operativos.**

<b>Mes</b>	<b>N° de Abonados</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Egreso</b>	<b>Factor Interés(P/F,1%,n)</b>	<b>Ingreso</b>
<b>1</b>	500	5000	500	0.9901	4455.45
<b>2</b>	<b>582</b>	<b>5820</b>	500	0.9803	5215.20
<b>3</b>	664	6640	500	0.9706	5959.48
<b>4</b>	746	7460	500	0.961	6688.56
<b>5</b>	828	8280	500	0.9515	7402.67
<b>6</b>	910	9100	500	0.942	8101.20
<b>7</b>	992	9920	500	0.9327	8786.03
<b>8</b>	1074	10740	500	0.9235	9456.64
<b>9</b>	1156	11560	500	0.9143	10112.16
<b>10</b>	1238	12380	500	0.9053	10754.96
<b>11</b>	1320	13200	500	0.8963	11383.01
<b>12</b>	1402	14020	500	0.8874	11997.65

<b>13</b>	1484	14840	500	0.8787	12600.56
<b>14</b>	1566	15660	500	0.8700	13189.20
<b>15</b>	1648	16480	500	0.8613	13763.57
<b>16</b>	1730	17300	500	0.8528	14327.04
<b>17</b>	1812	18120	500	0.8444	14878.33
<b>18</b>	1894	18940	500	0.8360	15415.84
<b>19</b>	1976	19760	500	0.8277	15941.50
<b>20</b>	2058	20580	500	0.8195	16455.56
<b>21</b>	2140	21400	500	0.8114	16958.26
<b>22</b>	2222	22220	500	0.8034	17449.85
<b>23</b>	2304	23040	500	0.7954	17928.32
<b>24</b>	2386	23860	500	0.7876	18398.34
					<b>287,619.38</b>

**VAN INTEGRACION 24° (1% mensual) = -163,900 + 287,619.38=\$123719.38**

Para nuestro proyecto con un aumento del 10% de la inversión tenemos que a partir del mes 17° obtenemos un VAN positivo en el cual los beneficios obtenidos alcanzan los costos de inversión y los gastos operativos y de mantenimiento generados; dándonos a entender que el proyecto es viable para su ejecución.

**VAN17° (1% mensual) = -163,900 + 169,071.71 =\$5,171.71**

### **6.3.5.3 ESCENARIO 3°: PROYECTO INTEGRADO CON UN AUMENTO DEL 20% DE LA INVERSION GASTOS OPERATIVOS 0%.**

**Cuadro N°15: Calculo del VAN para proyecto integrado con aumento del 20% de inversión y 0% de gastos operativos.**

MES	N° DE ABONADOS	INGRESO	EGRESO	FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)	INGRESO
1	500	5000	500	0.9901	4455.45
2	582	5820	500	0.9803	5215.20
3	664	6640	500	0.9706	5959.48
4	746	7460	500	0.961	6688.56
5	828	8280	500	0.9515	7402.67
6	910	9100	500	0.942	8101.20
7	992	9920	500	0.9327	8786.03
8	1074	10740	500	0.9235	9456.64
9	1156	11560	500	0.9143	10112.16
10	1238	12380	500	0.9053	10754.96
11	1320	13200	500	0.8963	11383.01
12	1402	14020	500	0.8874	11997.65
13	1484	14840	500	0.8787	12600.56
14	1566	15660	500	0.8700	13189.20
15	1648	16480	500	0.8613	13763.57
16	1730	17300	500	0.8528	14327.04
17	1812	18120	500	0.8444	14878.33
18	1894	18940	500	0.8360	15415.84
19	1976	19760	500	0.8277	15941.50
20	2058	20580	500	0.8195	16455.56
21	2140	21400	500	0.8114	16958.26
22	2222	22220	500	0.8034	17449.85
23	2304	23040	500	0.7954	17928.32
24	2386	23860	500	0.7876	18398.34
					<b>287,619.38</b>

**VAN INTEGRACION 24° (1% mensual) = -178,800 + 287,619.38=\$108,819.38**

Para nuestro proyecto con un aumento del 20% de la inversión tenemos que a partir del mes 18° obtenemos un VAN positivo. Es decir un mes de diferencia para obtener el retorno de la inversión respecto al escenario 2°. En este periodo de tiempo los beneficios obtenidos alcanzan los costos de inversión al 20% y los gastos operativos y de mantenimiento generados; indicando que el proyecto es viable para su ejecución.

**VAN18° (1% mensual) = -163,900 + 169,071.71 =\$5,171.71**

**6.3.5.4 ESCENARIO 4°: PROYECTO INTEGRADO CON UN AUMENTO DEL 0% DE LA INVERSION y GASTOS OPERATIVOS DEL 10%.**

**Cuadro N°16: Calculo del VAN para proyecto integrado con aumento del 0% de inversión y 10% de gastos operativos.**

<b>MES</b>	<b>N° DE ABONADOS</b>	<b>INGRESO</b>	<b>EGRESO</b>	<b>FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)</b>	<b>INGRESO</b>
1	500	5000	550	0.9901	4405.95
2	582	5820	550	0.9803	5166.18
3	664	6640	550	0.9706	5910.95
4	746	7460	550	0.961	6640.51
5	828	8280	550	0.9515	7355.10
6	910	9100	550	0.942	8054.10
7	992	9920	550	0.9327	8739.40
8	1074	10740	550	0.9235	9410.47
9	1156	11560	550	0.9143	10066.44
10	1238	12380	550	0.9053	10709.70
11	1320	13200	550	0.8963	11338.20
12	1402	14020	550	0.8874	11953.28
13	1484	14840	550	0.8787	12556.62
14	1566	15660	550	0.8700	13145.70
15	1648	16480	550	0.8613	13720.51
16	1730	17300	550	0.8528	14284.40
17	1812	18120	550	0.8444	14836.11
18	1894	18940	550	0.8360	153,74.04
19	1976	19760	550	0.8277	15900.12
20	2058	20580	550	0.8195	16414.59
21	2140	21400	550	0.8114	16917.69
22	2222	22220	550	0.8034	17409.68
23	2304	23040	550	0.7954	1788.55
24	2386	23860	550	0.7876	18358.96
					<b>286,557.22</b>

**VAN INTEGRACION 24° (1% mensual) = -149,000 + 286,557.22=\$137,557.22**

Para nuestro proyecto con un aumento del 10% en los gastos operativo y de mantenimiento tenemos que a partir del mes 16° obtenemos un VAN positivo indicando que a partir de este tiempo el inversionista recibe ingresos antes del tiempo estimado de retorno.

$$\text{VAN}_{16^\circ} (1\% \text{ mensual}) = -149,000 + 153,457.50 = \$4,457.50$$

#### 6.3.5.5 ESCENARIO 5°: PROYECTO INTEGRADO CON UN AUMENTO DEL 0% DE LA INVERSION y GASTOS OPERATIVOS DEL 20%.

**Cuadro N° 17: Calculo del VAN para proyecto integrado con aumento del 0% de inversión y 20% de gastos operativos.**

MES	N° DE ABONADOS	INGRESO	EGRESO	FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)	INGRESO
1	500	5000	600	0.9901	4356.44
2	582	5820	600	0.9803	5117.17
3	664	6640	600	0.9706	5862.42
4	746	7460	600	0.961	6592.46
5	828	8280	600	0.9515	7307.52
6	910	9100	600	0.942	8007.00
7	992	9920	600	0.9327	8692.76
8	1074	10740	600	0.9235	9364.29
9	1156	11560	600	0.9143	10020.73
10	1238	12380	600	0.9053	10664.43
11	1320	13200	600	0.8963	11293.38
12	1402	14020	600	0.8874	11908.91
13	1484	14840	600	0.8787	12512.69
14	1566	15660	600	0.8700	13102.20
15	1648	16480	600	0.8613	13677.44
16	1730	17300	600	0.8528	14241.76
17	1812	18120	600	0.8444	14793.89
18	1894	18940	600	0.8360	15332.24

<b>19</b>	1976	19760	600	0.8277	15858.73
<b>20</b>	2058	20580	600	0.8195	16373.61
<b>21</b>	2140	21400	600	0.8114	16877.12
<b>22</b>	2222	22220	600	0.8034	17369.51
<b>23</b>	2304	23040	600	0.7954	17848.78
<b>24</b>	2386	23860	600	0.7876	18319.58
					<b>285,495.06</b>

**VAN INTEGRACION 24° (1% mensual) = -149,000 + 285,495.06=\$136,495.06**

Para nuestro proyecto con un aumento del 20% en los gastos operativos y de mantenimiento tenemos que a partir del mes 16° obtenemos un VAN positivo indicando que a partir de este tiempo el inversionista recibe ingresos antes del tiempo estimado de retorno. Tenemos que aumentando los gastos operativos del 10% y 20% el retorno se obtiene en el mes 16° para ambos casos por lo que el proyecto es atractivo para el inversionista.

**VAN16° (1% mensual) = -149,000 + 152,721.61 =\$3,721.61**



**6.3.5.6 ESCENARIO 6°: PROYECTO INTEGRADO CON UN AUMENTO DEL 10% DE LA INVERSION y GASTOS OPERATIVOS DEL 10%.**

**Cuadro N° 18: Calculo del VAN para proyecto integrado con aumento del 10% de inversión y 10% de gastos operativos.**

MES	N° DE ABONADOS	INGRESO	EGRESO	FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)	INGRESO
1	500	5000	550	0.9901	4405.95
2	582	5820	550	0.9803	5166.18
3	664	6640	550	0.9706	5910.95
4	746	7460	550	0.961	6640.51
5	828	8280	550	0.9515	7355.10
6	910	9100	550	0.942	8054.10
7	992	9920	550	0.9327	8739.40
8	1074	10740	550	0.9235	9410.47
9	1156	11560	550	0.9143	10066.44
10	1238	12380	550	0.9053	10709.70
11	1320	13200	550	0.8963	11338.20
12	1402	14020	550	0.8874	11953.28
13	1484	14840	550	0.8787	12556.62
14	1566	15660	550	0.8700	13145.70
15	1648	16480	550	0.8613	13720.51
16	1730	17300	550	0.8528	14284.40
17	1812	18120	550	0.8444	14836.11
18	1894	18940	550	0.8360	15374.04
19	1976	19760	550	0.8277	15900.12
20	2058	20580	550	0.8195	16414.59
21	2140	21400	550	0.8114	16917.69
22	2222	22220	550	0.8034	17409.68
23	2304	23040	550	0.7954	1788.55
24	2386	23860	550	0.7876	18358.96
					<b>286,557.22</b>

$$\text{VAN INTEGRACION 24° (1\% mensual)} = -163,900 + 286,557.22 = \mathbf{\$122,657.22}$$

Para nuestro proyecto con un aumento del 10% tanto en la inversión como en los gastos operativos y de mantenimiento tenemos que a partir del mes 17° obtenemos un VAN positivo indicando que a partir de este tiempo el inversionista recibe ingresos antes del tiempo estimado de retorno. Por lo que el proyecto es atractivo para el inversionista.

$$\text{VAN17° (1\% mensual)} = -163,900 + 168,293.60 = \mathbf{\$4,393.60}$$

**6.3.5.7 ESCENARIO 7°: PROYECTO INTEGRADO CON UN AUMENTO DEL 20% DE LA INVERSION y GASTOS OPERATIVOS DEL 20%.**

**Cuadro N°19: Calculo del VAN para proyecto integrado con aumento del 20% de inversión y 20% de gastos operativos.**

MES	N° DE ABONADOS	INGRESO	EGRESO	FACTOR INTERÉS(P/F,1%,N)	INGRESO
1	500	5000	600	0.9901	4356.44
2	582	5820	600	0.9803	5117.17
3	664	6640	600	0.9706	5862.42
4	746	7460	600	0.961	6592.46
5	828	8280	600	0.9515	7307.52
6	910	9100	600	0.942	8007.00
7	992	9920	600	0.9327	8692.76
8	1074	10740	600	0.9235	9364.29
9	1156	11560	600	0.9143	10020.73
10	1238	12380	600	0.9053	10664.43
11	1320	13200	600	0.8963	11293.38
12	1402	14020	600	0.8874	11908.91
13	1484	14840	600	0.8787	12512.69
14	1566	15660	600	0.8700	13102.20
15	1648	16480	600	0.8613	13677.44
16	1730	17300	600	0.8528	14241.76
17	1812	18120	600	0.8444	14793.89
18	1894	18940	600	0.8360	15332.24
19	1976	19760	600	0.8277	15858.73
20	2058	20580	600	0.8195	16373.61
21	2140	21400	600	0.8114	16877.12
22	2222	22220	600	0.8034	17369.51
23	2304	23040	600	0.7954	17848.78
24	2386	23860	600	0.7876	18319.58
					<b>285,495.06</b>

**VAN INTEGRACION 24° (1% mensual) = -178,800 + 285,495.06=\$106,695.06**

Para nuestro proyecto con un aumento del 20% tanto en la inversión como en los gastos operativos y de mantenimiento tenemos que a partir del mes 18° obtenemos un VAN positivo indicando que a partir de este tiempo el inversionista recibe ingresos antes del tiempo estimado de retorno. Por lo que el proyecto es atractivo para el inversionista. En el escenario 5° y 6° la diferencia en el retorno es de un mes por lo que el proyecto para todos los escenarios analizados es viable.

**VAN18° (1% mensual) = -178,800 + 182,847.73 =\$4,047.73**

## **VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **CONCLUSIONES**

- Se concluye, que el estudio realizado brindara la cobertura celular apropiada a los distritos de Camporredondo y Ocallí en Amazonas resolviendo la necesidad principal de comunicación a través de llamadas de voz que es lo más útil por la actividad comercial que tienen ambos distritos; con los enlaces terrestres se tendrá capacidad en el medio de transmisión y así satisfacer la necesidad de datos para las diferentes instituciones del área en estudio; y con los mismos se evitara pagar el alquiler de ancho de banda satelital.

-Se concluye, que el estudio realizado da la factibilidad en la rentabilidad a la inversión privada; además la decisión final de la inversión en una empresa operadora móvil, la realiza el área comercial quien es la que se encarga de conseguir los abonados. En nuestro estudio con el total de abonados que se consigue en el término de los 24° meses y para los diferentes escenarios tenemos que el retorno de la inversión se obtiene a partir del mes 16° antes del tiempo estimado por lo que el proyecto es atractivo y rentable para el inversionista.

## RECOMENDACIONES

- Los proyectos para cobertura mediante telefonía móvil deben ser considerados con estas características de retorno de inversión para cada estudio o escenario considerado, para hacer factible cada proyecto ya que con la cantidad de abonados asumidos en dos años se obtiene un VAN positivo en ambos estudios de forma individual como integrados; lo cual nos demuestra que el estudio es factible y atractivo para algún operador que brinde dicho servicio.
- Teniendo en cuenta que el nivel de educación va en aumento la población hará el uso más frecuente de internet móvil es decir habrá más demanda del mismo por lo que el estudio realizado no podrá atender dicho requerimiento; entonces se tendrá que realizar otros estudios posteriores como la implementación de tecnologías más avanzadas como el 3G (velocidades superiores a los 3 Mbit/s por usuario móvil.) o el 4G LTE (que es 1 Gbit/s para estacionario y 100 Mbit/s para operación móvil), que son las que brindan mayores velocidades.
- El servicio de posicionamiento global en conjunto con programas y equipos de telecomunicaciones nos permite tener una mejor idea de cómo queda un sistema de telecomunicaciones (ejemplo de drive test) y podría ser desarrollado en un trabajo posterior.
- Los costos de infraestructura son una carga elevada en la puesta en marcha de una estación. La colocación de varias operadoras en una sola infraestructura aumentaría el crecimiento de las inversiones y reduciría el costo del servicio de telefonía móvil.
- Los cálculos de radiopropagación se realizan usando herramientas de software, los cuales pueden ser desarrollados tomando en cuenta valores globales para no depender de un proveedor en particular.

## **CAPÍTULO VIII**

### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS**

WAYNE, Tomasi 1996 Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. 2a. ed.  
Naucalpan de Juárez (México): Prentice Hall Hispanoamericana

BOUCHER, Neil J 1990 The Cellular Radio Handbook. A Reference for Cellular  
System Operation  
Mendocino (USA): Quantum Publishing, Inc

YANG, Samuel INSTITUTO NACIONAL ESTADÍSTICA E INFORMATICA  
2007 INEI host [En Línea] Lima [Consultado 2013/09/26]  
<http://www.inei.gob.pe>

MUNICIPALIDAD DE OCALLI. Amazonas-Luya-Perú [Consultado 2013/09/27]  
<http://www.muni> Ocalli.gob.pe

MUNICIPALIDAD DE CAMPORREDONDO. Amazonas-Luya-Perú [Consultado  
2013/09/27]  
<http://www.muni> Camporredondo.gob.pe

ANDREW CORPORATION 2013 ANDREW® [En Línea] Orlando,USA  
[Consultado 2013/12/20]  
<http://www.andrew.com/downloads/>

INTERNATIONAL ENGINEERING CONSORTIUM  
2013 IEC Host [En Línea] Chicago,USA [Consultado 2013/09/20]  
INGENIERIA ECONOMICA, MSc. Mauricio Navarro Zeledón.